

Restitución/Restauración genética de poblaciones

Máster Universitario en Técnicas de Conservación de la Biodiversidad y Ecología
&
Máster Universitario en Restauración de Ecosistemas

Dr. Carlos Lara Romero
Dr. Alfredo García Fernández

Diseño de programas de restitución

2. Comprender la especie

Dr. Carlos Lara Romero

Elementos de diseño

Programa de restitución:

1. **Comprender** en profundidad el funcionamiento de la especie, su rango ecológico y sus limitaciones.
2. Planteamiento de **objetivos** y medida del éxito
3. Diseño y ejecución del programa
 - Seleccionar adecuadamente el hábitat de destino. **¿Dónde?**
 - Introducir poblaciones que se asemejen a las poblaciones naturales viables en su tamaño y estructuración genética, etaria, espacial y sexual. **¿Cuántos? ¿Cuáles?**
 - Ejecución de la actuación **¿Cómo? Seguimiento.**

Comprender la especie

Conocer la estructura y dinámica de sus poblaciones

¿Cuántas poblaciones hay?

¿Dónde están?

¿Qué tamaño y estructura presentan?

¿Cómo interaccionan con el medio ambiente?

¿Qué factores limitan su viabilidad?

¿Qué etapas del ciclo vital son más vulnerables?

Estructura poblacional

- Refleja la **diversidad** y la **distribución** de los individuos de una población con relación a un determinado **criterio** en un **momento** dado.
- Es el reflejo de un **estado** de la población en un **determinado momento**.

Estructura poblacional

Estructura espacial



www.cuartopodersalta.com.ar

Estructura genética

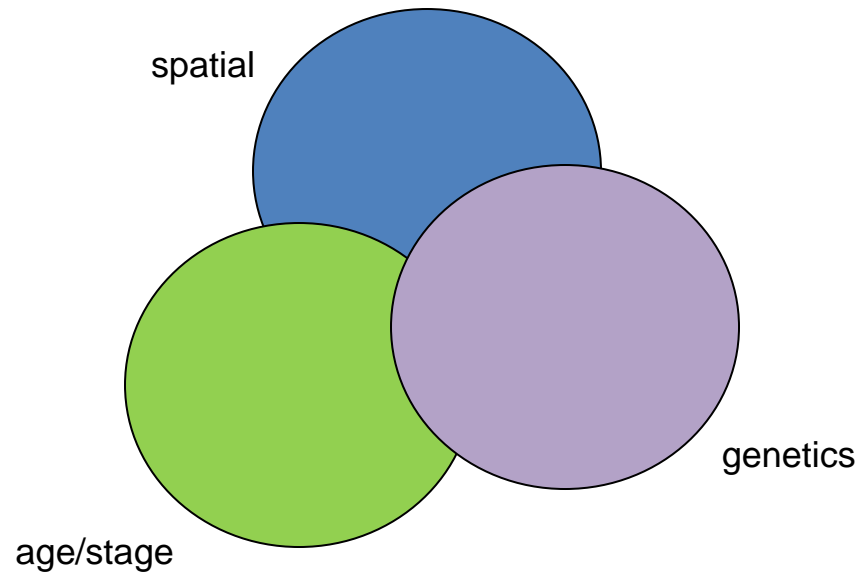


<http://www.hogamania.com/>

Estructura de clases y sexos



Estructura poblacional



Dinámica poblacional

- **Objetivo:** Estudiar y modelizar la evolución de las poblaciones a través del tiempo para adquirir poder predictivo y utilizarlo como herramienta de toma de decisiones.

Dinámica poblacional

- El éxito de una restitución depende esencialmente del mantenimiento de una población viable a lo largo del tiempo

Viabilidad de poblaciones

$$V_i = f(B_i, D_i, N_i)$$

B_i : nacimientos

D_i : muertes

Viabilidad de poblaciones

- Cambios en el tamaño poblacional

Nacimientos
(B)

Muertes
(D)

Immigración
(I)

Emigración
(E)

Cambios en el tamaño poblacional

- Causas:
 - Nacimientos (B)
 - Muertes (D)
 - Inmigración (I)
 - Emigración (E)
- $N(t+1) = N(t) + B - D + I - E$

Modelos de crecimiento poblacional

- Crecimiento exponencial
- Crecimiento geométrico
- Crecimiento logístico
- Crecimiento poblacional estructurado en edad/tamaño

Crecimiento exponencial

- $I = E = 0$
- $\Delta N = B - D$
- Crecimiento continuo
- $\delta N / \delta t = B - D$; $B = b N$; $D = d N$
- $\delta N / \delta t = (b - d) N = r N$
- $r = b - d$. tasa intrínseca de crecimiento (crecimiento de la población por individuo y unidad de tiempo)
- $N_t = N_0 e^{rt}$

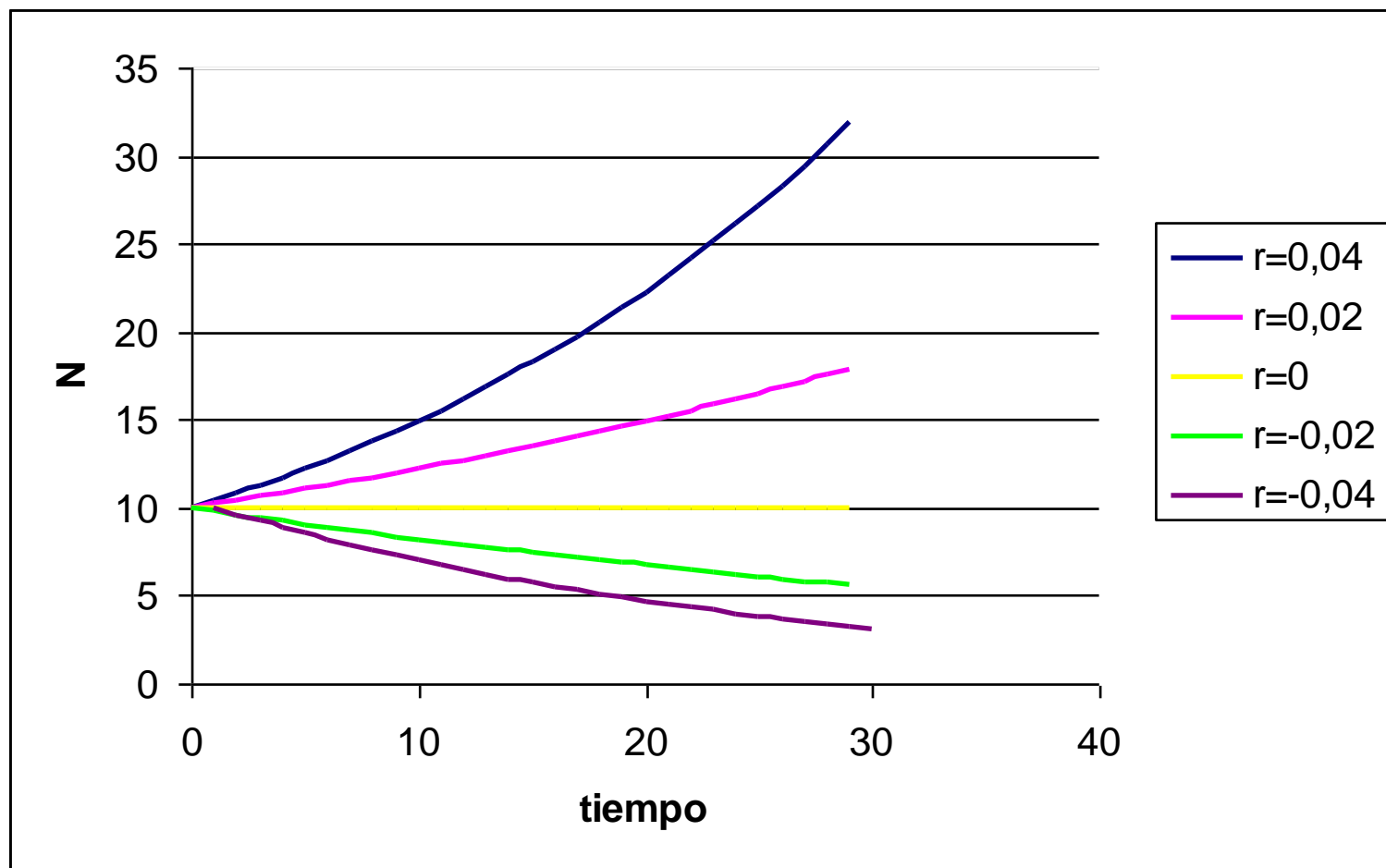
Crecimiento exponencial

- $I = E = 0$
- $\Delta N = B - D$
- Crecimiento continuo
- $\delta N / \delta t = B - D$; $B = b N$; $D = d N$
- $\delta N / \delta t = (b - d) N = r N$
- $r = b - d$. tasa intrínseca de crecimiento (crecimiento de la población por individuo y unidad de tiempo)
- $N_t = N_0 e^{rt}$

El **valor de r** determina si una **poblacional crece** de manera exponencial ($r > 0$), permanece constante ($r = 0$) o declina hacia la extinción ($r < 0$).

- $r > 0$. La población crece de manera continua y exponencial. Este crecimiento es proporcional a N : cuanto mayor sea el tamaño de la población, mayor es el ritmo de crecimiento.
- $r = 0$. Tamaño población permanece constante ($N = 0$; $b - d = 0$).
- $r < 0$. La población declina hacia la extinción.

Crecimiento exponencial



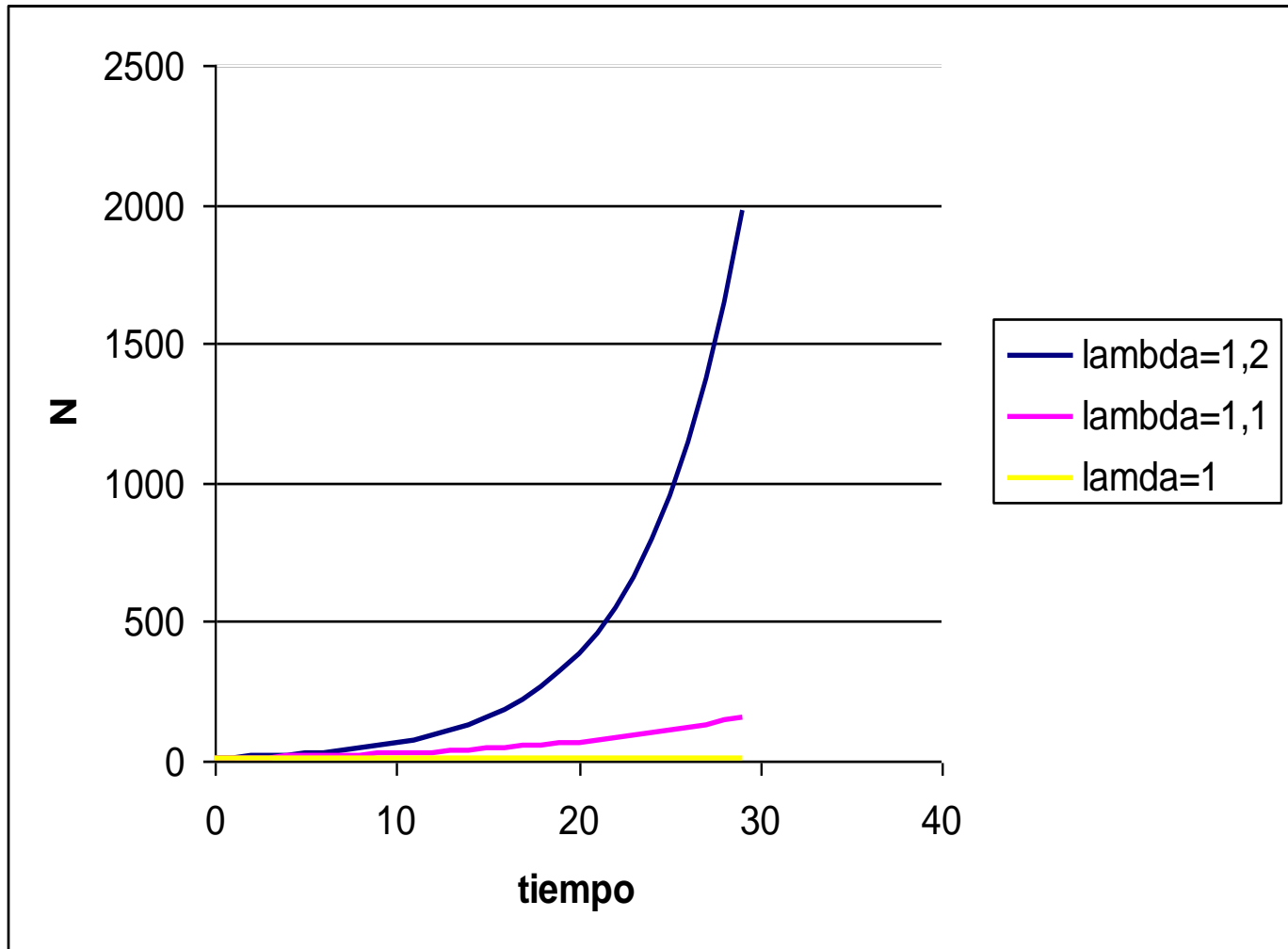
Crecimiento exponencial

¿Cuáles son las asunciones del modelo exponencial?

Crecimiento geométrico

- $\Delta N = B - D$
- Eventos de reproducción y muerte discretos
- $\Delta N = (b - d)N_t = r_d N_t$
- $r_d = b - d$
- $N_{t+1} = N_t + \Delta N = N_t + r_d N_t = (1 + r_d) N_t$
- $\lambda = 1 + r_d$
- $N(t+1)/N(t) = \lambda$ (tasa finita de crecimiento)
- $N_t = \lambda^t N_0$
- $e^{rt} = \lambda^t \rightarrow \lambda = e^r, \Delta t \rightarrow 0$

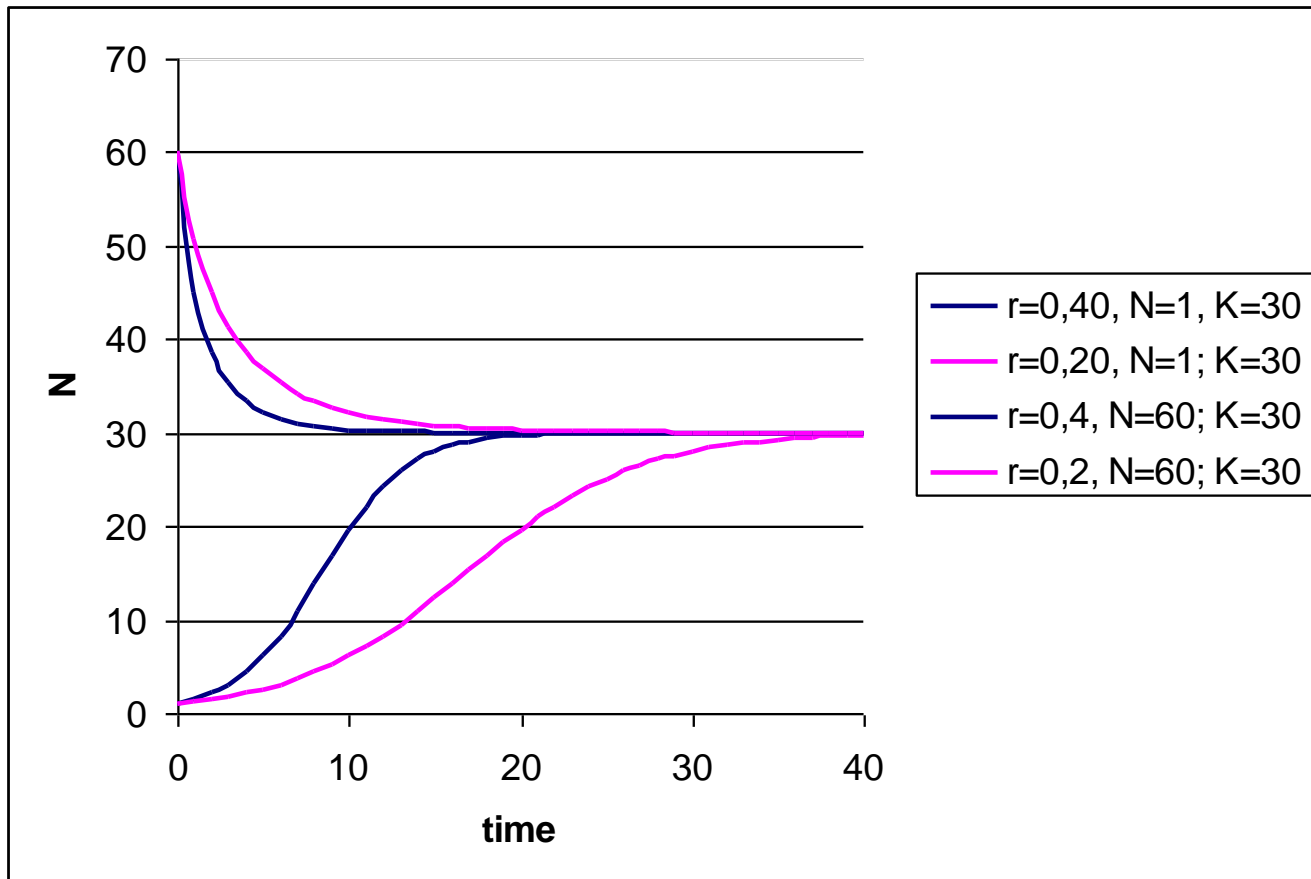
Crecimiento geométrico



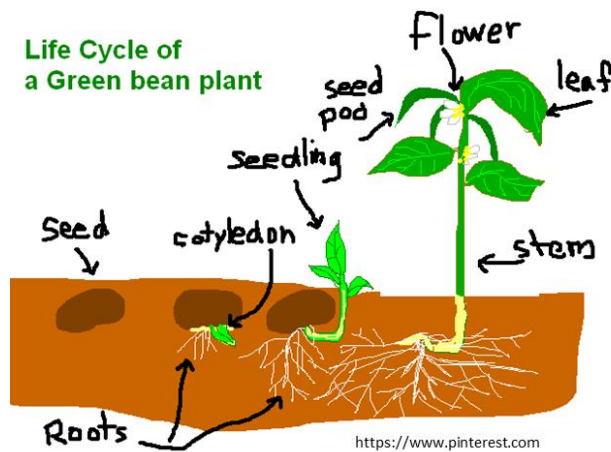
Crecimiento logístico

- Recursos limitados, b' y d' dependen de N
- $\delta N / \delta t = (b' - d') N$
- $b' = b - aN$; $d' = d + cN$
- $\delta N / \delta t = ((b - aN) - (d + cN)) N$
- $\delta N / \delta t = r N (1 - ((a+c)/(b-d))N)$
- $K = (b-d)/(a+c)$; K : capacidad de carga
- $\delta N / \delta t = r N (1 - N/K)$

Crecimiento logístico

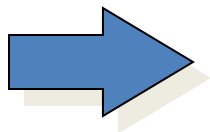
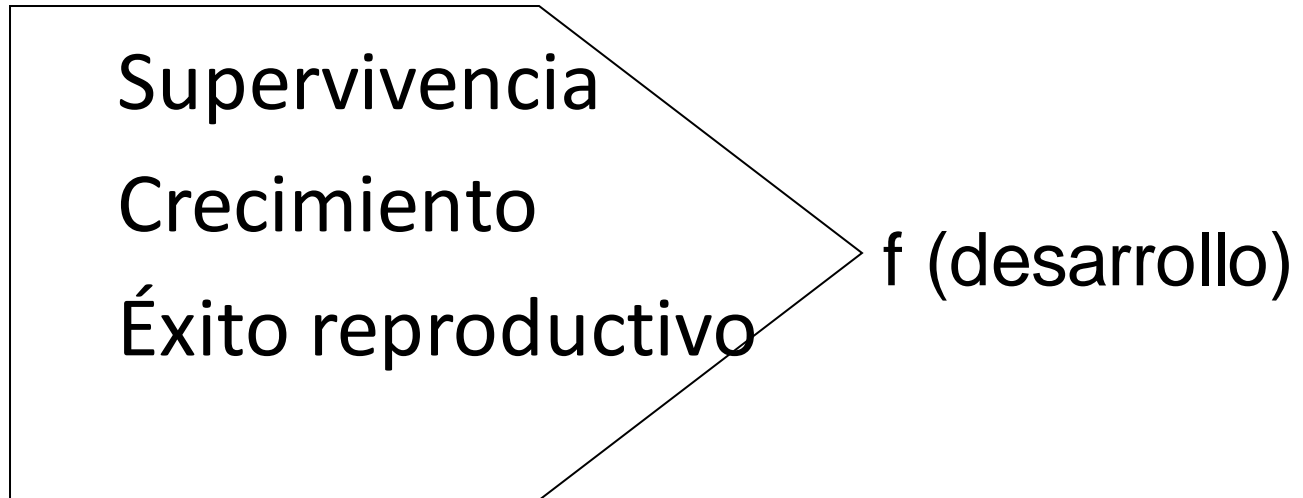


Poblaciones estructuradas en clases



<http://www.clipartkid.com/>

Poblaciones estructuradas en clases



Estructura en clases

Poblaciones estructuradas en clases

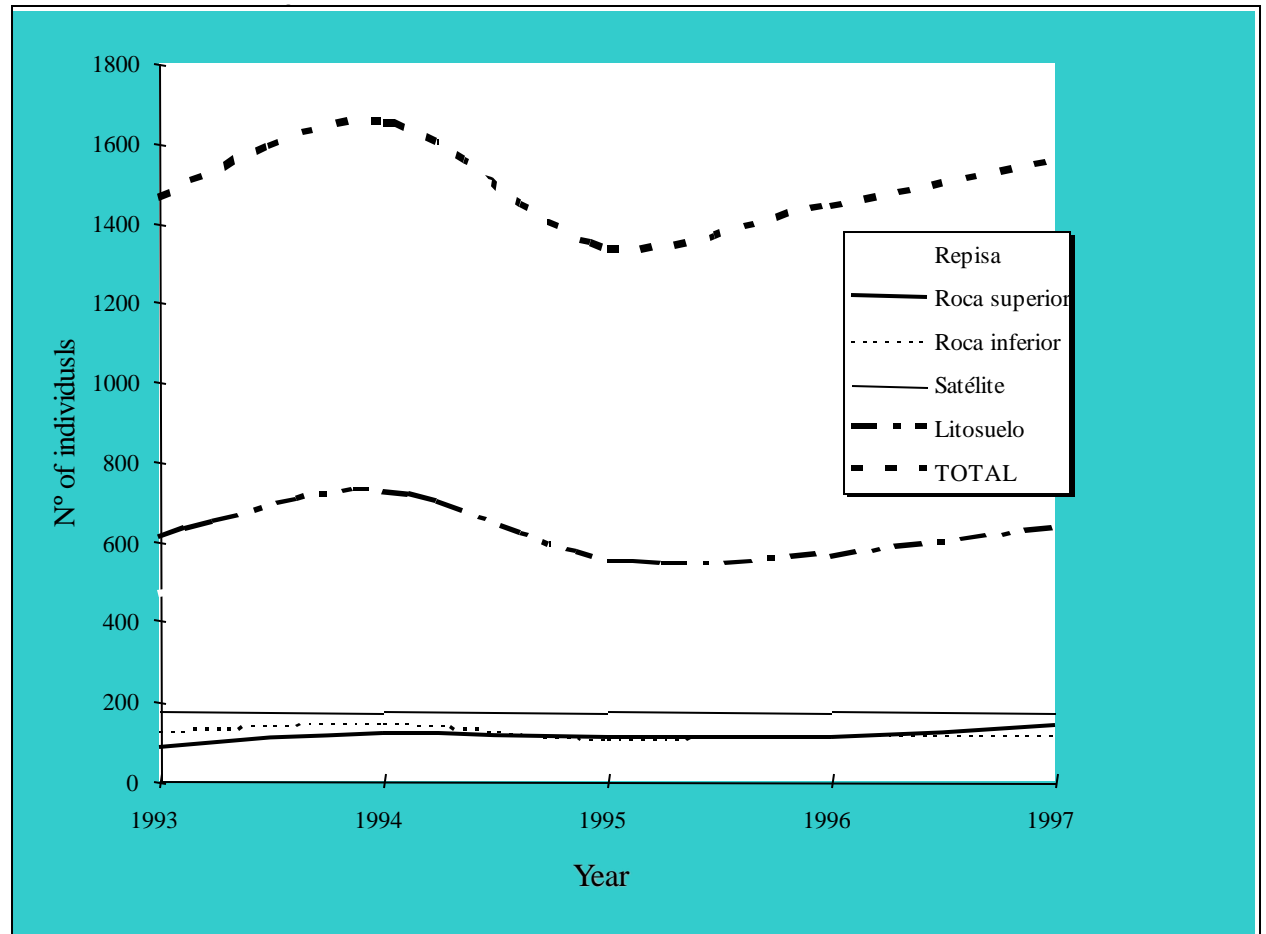
Número de individuos

- Censos totales
- Muestreos



Poblaciones estructuradas en clases

Número de individuos



Erodium paularense

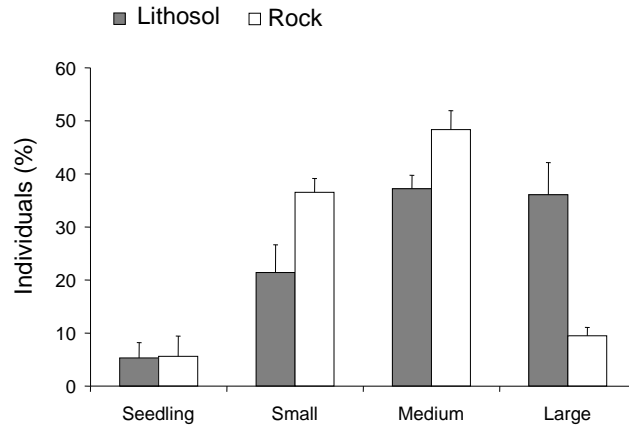
Poblaciones estructuradas en clases

Número de individuos

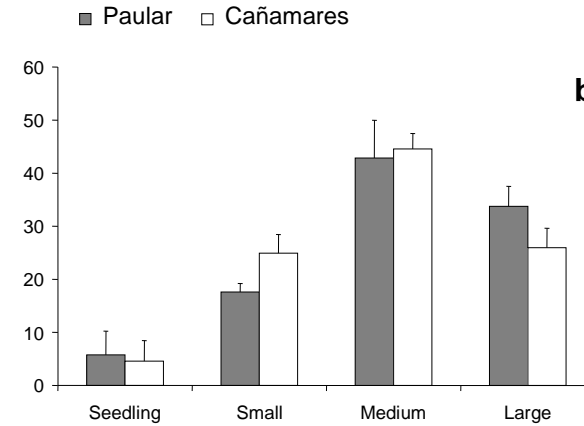


Poblaciones estructuradas en clases

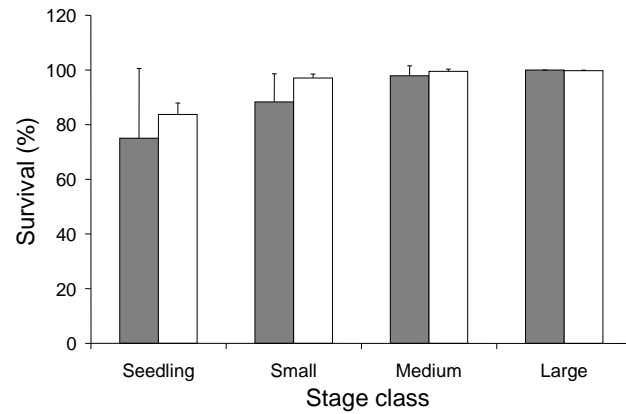
Número de individuos



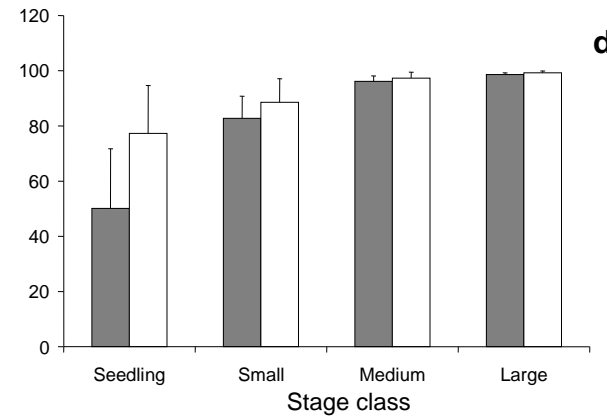
a



b



c



d

Poblaciones estructuradas en clases

Repuesta reproductiva



Poblaciones estructuradas en clases

Repuesta reproductiva

Antirrhinum microphyllum:

Población	Flores/pl	Frutos/pl	Semillas/pl
Bolarque	51	46	9287
Entrepeñas	56	47	9391

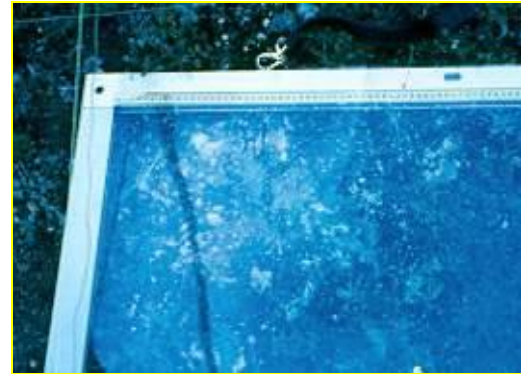
Poblaciones estructuradas en clases

Supervivencia y desarrollo

- Vivo/muerto
- Evolución del tamaño de la planta a lo largo del tiempo
- Población completa
- Parcela de muestreo
 - Una o varias parcelas de muestreo
 - Tamaño de la parcela

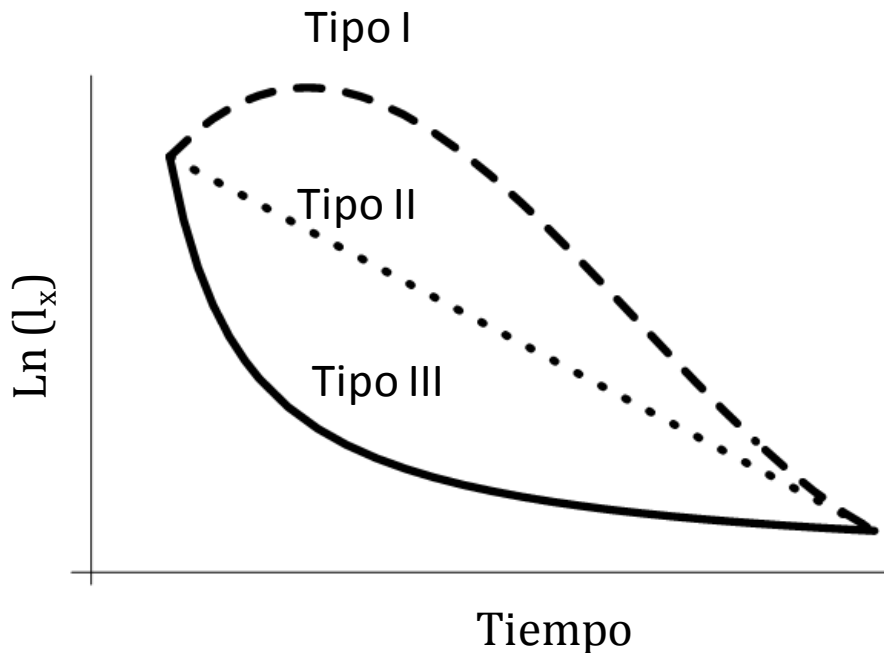
Poblaciones estructuradas en clases

Supervivencia y desarrollo



Poblaciones estructuradas en clases

Supervivencia y desarrollo



Curvas de supervivencia en la naturaleza.

Tipo I. Mamíferos. Cuidado parental para maximizar supervivencia en primeros estadios

Tipo II. Aves. Probabilidad de mortalidad constante. Con ligera modificación debido a mayor mortalidad de los pollos.

Tipo III. Insectos, plantas con flor, invertebrados marinos. Supervivencia muy baja en las clases jóvenes. Fecundidad muy elevada.

Aplicación modelos dinámica poblacional estructurados en clases

- Estimar r en poblaciones con tasas de nacimientos y mortalidad dependientes de la edad de los organismos.
- Estimar la estructura poblacional (N para cada edad).
- Modelar el crecimiento poblacional en organismos con ciclos de vida complejos como plantas perennes, corales o insectos.
- Utilizar los modelos demográficos para realizar análisis de viabilidad poblacional (AVP, o PVA por sus siglas en inglés).
- Práctica Rramas \rightarrow Modelar crecimientos poblacional exponencial en organismos de vida compleja.

Matriz de Leslie

El modelo **matricial de Leslie** se utiliza para analizar la dinámica poblacional de manera independiente para cada clase de edad.

Supongamos que

$$\mathbf{n}(t) = (n_1(t), n_2(t), \dots, n_k(t)) ,$$

donde $n_i(t)$ indica el número de individuos en la clase i para el tiempo t . Como existen K clases de edad en la población, la estructura de edades en el tiempo t consiste en un vector de abundancias:

$$\begin{bmatrix} n_1(t) \\ n_2(t) \\ \dots \\ n_k(t) \end{bmatrix} = \mathbf{n}(t) \quad \xrightarrow{\quad} \quad \begin{bmatrix} 600 \\ 270 \\ 100 \\ 50 \end{bmatrix} = \mathbf{n}(t) \quad \begin{array}{l} \text{seedlings} \\ \text{juvenile} \\ \text{vegetative} \\ \text{reproductive} \end{array}$$

Ejemplo de estructura poblacional de una planta perenne después de 5 años.

Matriz de Leslie

Teniendo en cuenta estos valores, podemos describir la evolución de una población dividida en 4 clases de edades, de la siguiente manera:

$$n_1(t+1) = F_1n_1(t) + F_2n_2(t) + F_3n_3(t) + F_4n_4(t)$$

$$n_2(t+1) = P_1n_1(t)$$

$$n_3(t+1) = P_2n_2(t)$$

$$n_4(t+1) = P_3n_3(t)$$

Matriz de Leslie

O bien podemos presentar el crecimiento estructurados en clases de edad en forma matricial (Matriz de Leslie):

$$\begin{array}{c}
 \text{to (t+1):} \\
 \begin{array}{c} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \end{array} A = \begin{array}{c} \begin{array}{c} \text{from (t):} \\ \begin{array}{c} 1 \quad 2 \quad 3 \quad 4 \end{array} \\ \begin{bmatrix} F_1 & F_2 & F_3 & F_4 \\ P_1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & P_2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & P_3 & 0 \end{bmatrix} \end{array} \end{array}
 \end{array}$$

La matriz de Leslie tiene como primera fila los valores de la fertilidad (F_i). Representa la contribución de cada clase de edad a la reproducción.

La subdiagonal principal es siempre la probabilidad de supervivencia (P_i). Representa las transiciones de una clase de edad a la siguiente.

El resto de los elementos de la matriz son ceros. Esto implica que no hay otras transiciones posibles. Los individuos no pueden permanecer en la misma clase de uno a otro año y de igual manera los individuos no pueden saltar de una clase a otra.

Matriz de Leslie

Matriz de Leslie

La razón para usar el formato matricial es que podemos describir el crecimiento poblacional como una simple multiplicación de matrices.

$$\begin{bmatrix} n_1(t+1) \\ n_2(t+1) \\ n_3(t+1) \\ n_4(t+1) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} F_1 & F_2 & F_3 & F_4 \\ P_1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & P_2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & P_3 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} n_1(t) \\ n_2(t) \\ n_3(t) \\ n_4(t) \end{bmatrix} \Rightarrow x(t+1) = Lx(t)$$

El vector que describe la población en la siguiente fase temporal $[n(t+1)]$ es igual a la matriz de Leslie (A) multiplicada por el vector poblacional actual $[n(t)]$

$$\begin{bmatrix} a & b \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} = a.x + b.y$$

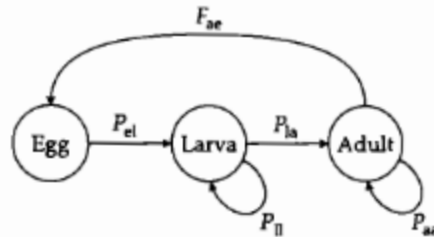
$$\begin{bmatrix} a & b & c \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} = a.x + b.y + c.z$$

$$\begin{bmatrix} a & b & c & d \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \\ t \end{bmatrix} = a.x + b.y + c.z + d.t$$

Poblaciones estructuradas en clases

(a) Insect

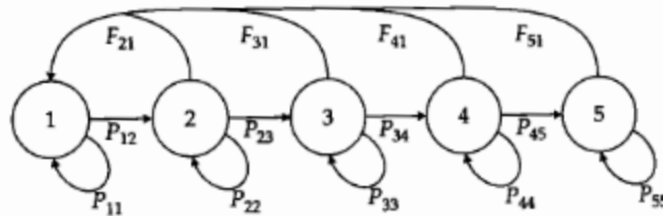
$$\begin{bmatrix} 0 & 0 & F_{ae} \\ P_{el} & P_{ll} & 0 \\ 0 & P_{la} & P_{aa} \end{bmatrix}$$



$$\begin{matrix} & \text{egg} & \text{larva} & \text{adult} \\ \text{egg} & 0 & 0 & F_{ae} \\ \text{larva} & P_{el} & P_{ll} & 0 \\ \text{adult} & 0 & P_{la} & P_{aa} \end{matrix}$$

(b) Forest tree

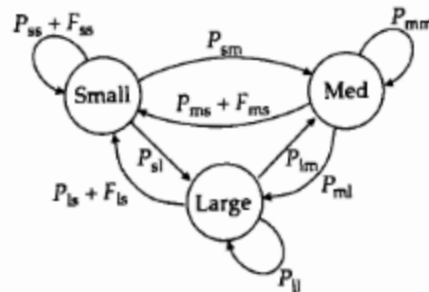
$$\begin{bmatrix} P_{11} & F_{21} & F_{31} & F_{41} & F_{51} \\ P_{12} & P_{22} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & P_{23} & P_{33} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & P_{34} & P_{44} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & P_{45} & P_{55} \end{bmatrix}$$



$$\begin{matrix} & \text{size 1} & \text{size 2} & \text{size 3} & \text{size 4} & \text{size 5} \\ \text{size 1} & P_{11} & F_{21} & F_{31} & F_{41} & F_{51} \\ \text{size 2} & P_{12} & P_{22} & 0 & 0 & 0 \\ \text{size 3} & 0 & P_{23} & P_{33} & 0 & 0 \\ \text{size 4} & 0 & 0 & P_{34} & P_{44} & 0 \\ \text{size 5} & 0 & 0 & 0 & P_{45} & P_{55} \end{matrix}$$

(c) Coral

$$\begin{bmatrix} P_{ss} + F_{ss} & P_{ms} + F_{ms} & P_{ls} + F_{ls} \\ P_{sm} & P_{mm} & P_{lm} \\ P_{sl} & P_{ml} & P_{ll} \end{bmatrix}$$



$$\begin{matrix} & \text{small} & \text{medium} & \text{large} \\ \text{small} & P_{ss} + F_{ss} & P_{ms} + F_{ms} & P_{ls} + F_{ls} \\ \text{medium} & P_{sm} & P_{mm} & P_{lm} \\ \text{large} & P_{sl} & P_{ml} & P_{ll} \end{matrix}$$

Figure 3.4 Stage-transition matrices and loop diagrams for different life histories. (a) Simplified insect life history. (b) Long-lived forest tree life history. (c) Coral life history, with sexual and asexual reproduction.

Ejemplo práctico. Plantas perennes.



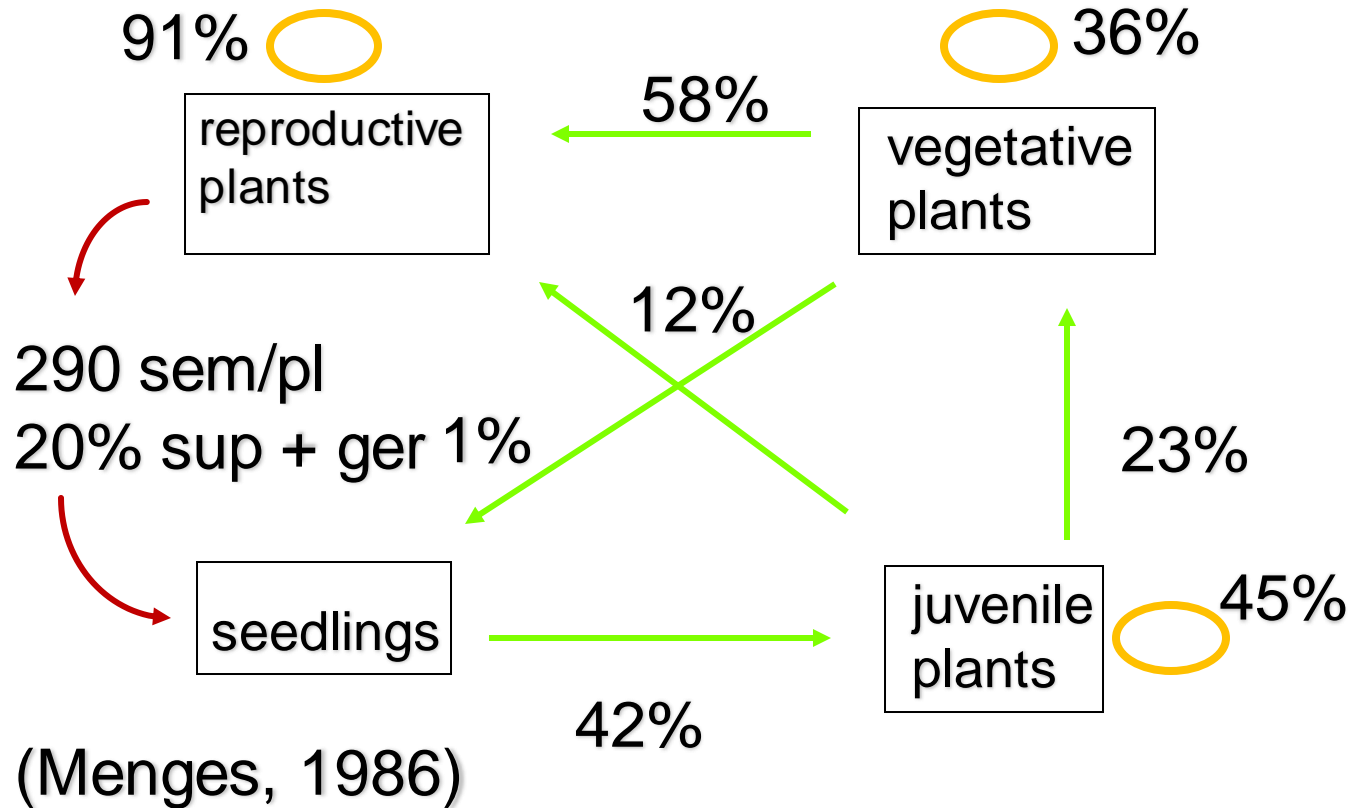
Pedicularis furbishiae es una especie de planta herbácea de la familia Orobanchaceae.

Se considera una especie en peligro de extinción en el Estados Unidos y Canadá y está amenazada por la destrucción del hábitat



Pedicularis furbishiae

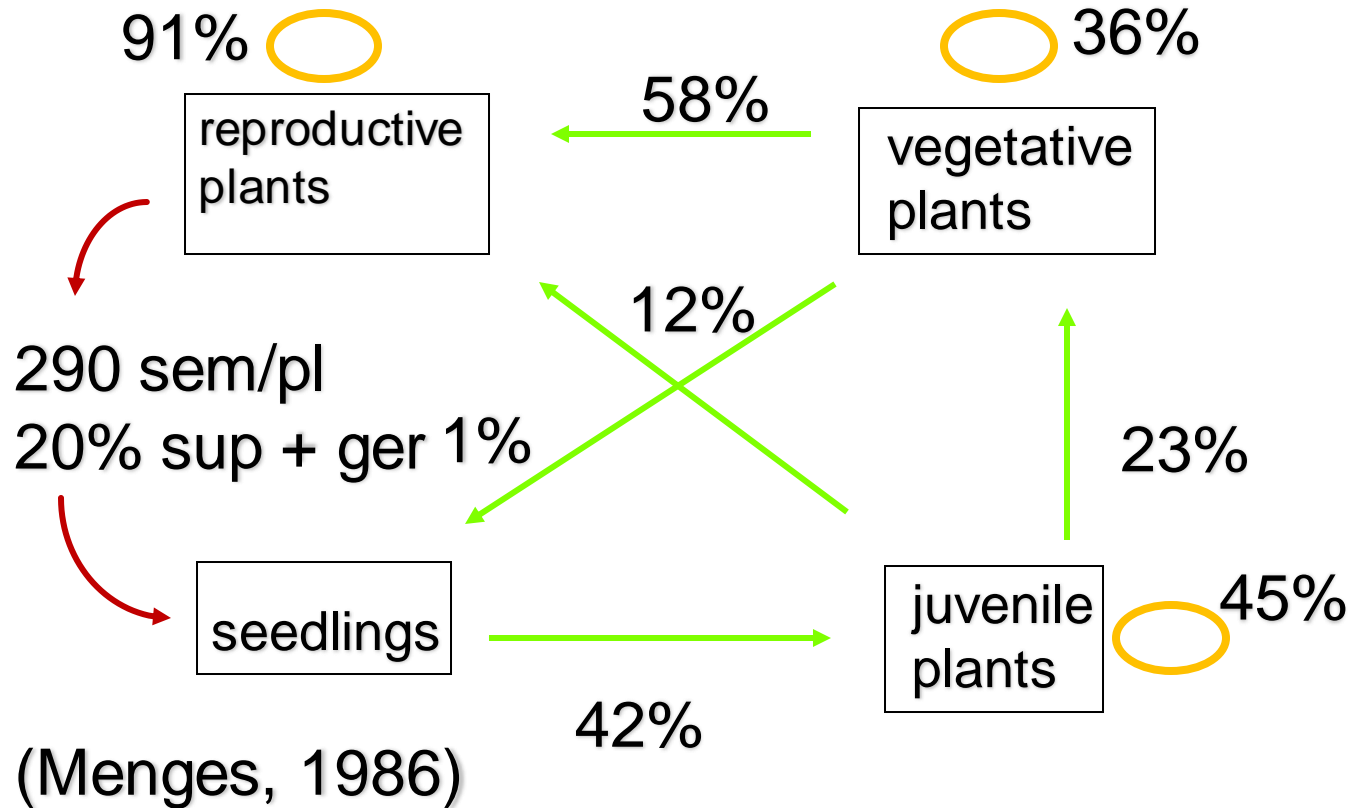
Life cycle



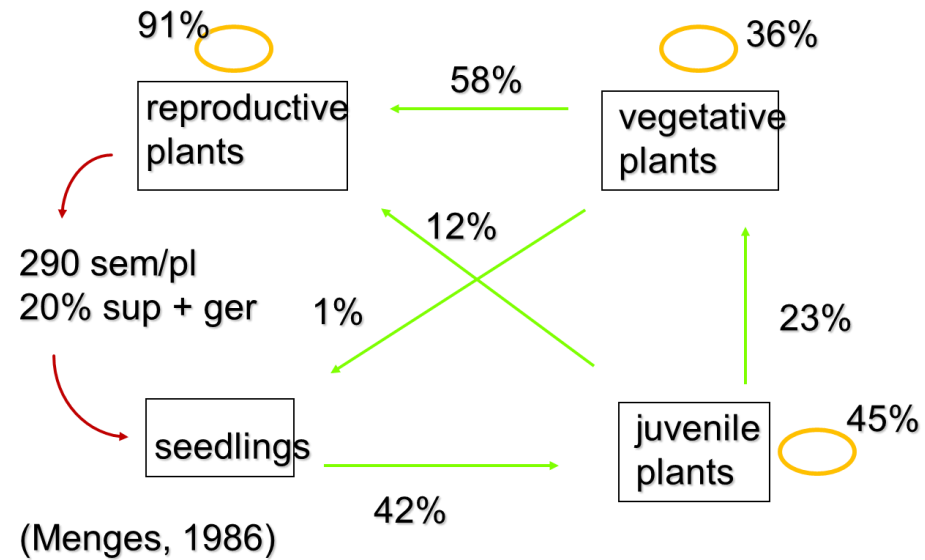
Pedicularis furbishiae

Life cycle

Ejercicio. Construye la matriz de transición para el ciclo vital de *Pedicularis furbishiae*



Matriz de transición



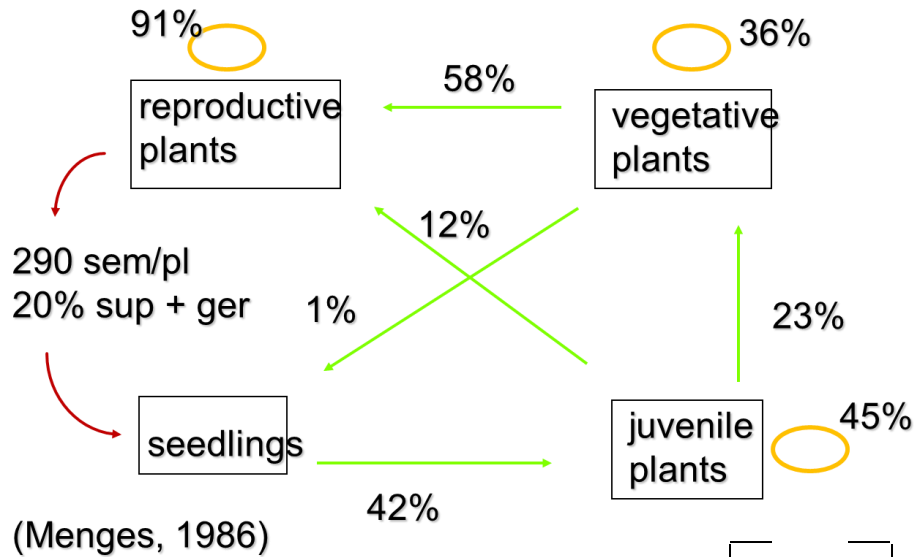
24

DE:

A:

	Plántula	Juvenil	Vegetativa	Reproduct
Plántula	0	0	0	290 x 0.2
Juvenil	0.42	0.45	0.00	0.00
Vegetativa	0.01	0.23	0.36	0.00
Reproduct	0	0.12	0.58	0.91

Ejercicio. Estima (a) la estructura poblacional de *Pedicularis furbishiae* en el año siguiente, (b) lambda y r para la transición $t \rightarrow t+1$.



75
19
3
3

seedlings
juvenile
vegetative
reproductive

Aplicaciones de los modelos estructurados

- **Análisis de viabilidad poblacional (AVP)**
- **Matrices de Sensibilidad y Elasticidad**

Análisis de Viabilidad Poblacional (AVP)

Análisis de Viabilidad Poblacional es un análisis demográfico que intenta establecer la capacidad de una especie para persistir en un ambiente determinado.

Permiten explorar la vulnerabilidad tanto en las condiciones actuales como en hipotéticos escenarios ecológicos que incluyesen distintos factores negativos (reducción del tamaño poblacional por fragmentación del hábitat, aumento de la mortalidad de individuos establecidos, fracaso reproductivo vía sexual y/o asexual, etc).

Son por tanto una herramienta útil en el proceso de gestión y conservación de poblaciones naturales.

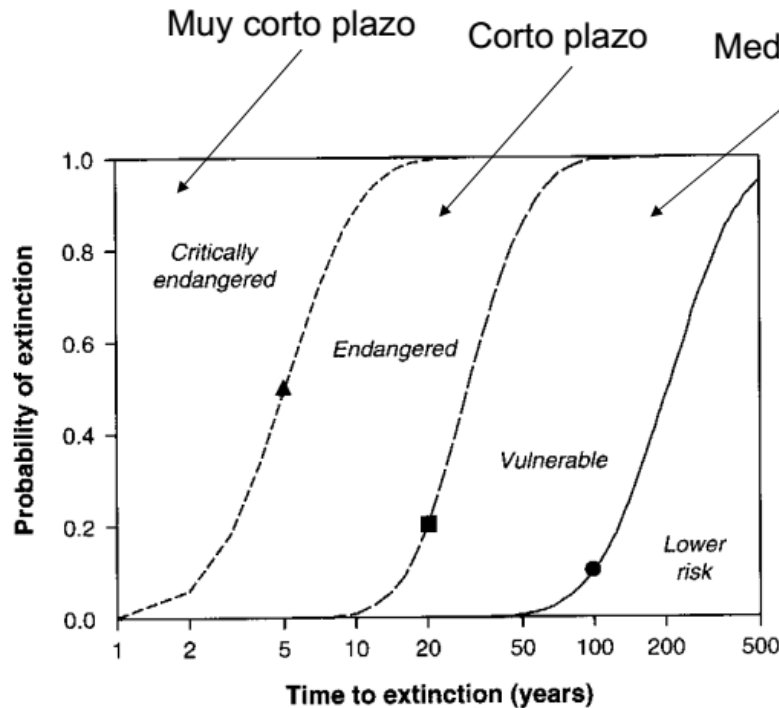
Análisis de Viabilidad Poblacional (AVP)

La **probabilidad de extinción** mide la probabilidad de que el tamaño poblacional se reduzca por debajo de un umbral (normalmente se fija $N < 1$)

La probabilidad de extinción de la población se puede calcular como el porcentaje de simulaciones en las que el tamaño poblacional fue $N < 1$.

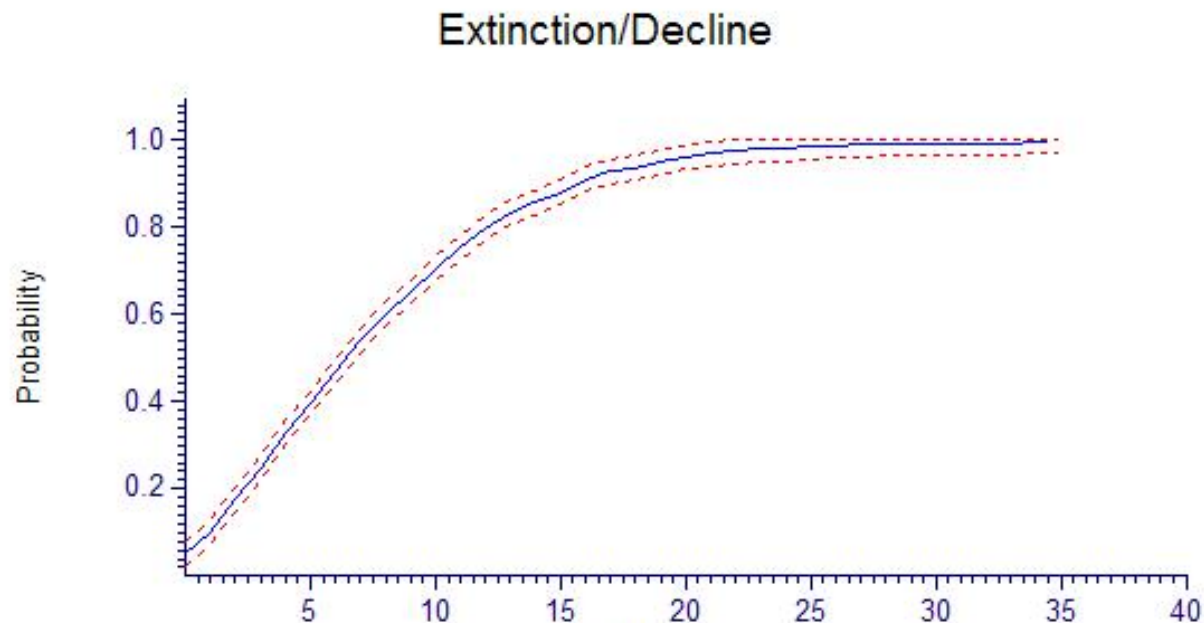
Análisis de Viabilidad Poblacional (AVP)

Estimación de la **probabilidad de extinción** en un periodo dado, en función de ciertos parámetros demográficos, de hábitat y de gestión



Criterio de la IUCN para elaboración listas rojas

Análisis de Viabilidad Poblacional (AVP)



E. paularense



Si no se actúa de forma urgente sobre la especie objeto de estudio, a los 35 años la probabilidad de extinción será del 100%.

Población mínima viable

“ That which has a 99% probability of survival during a period of 1000 years in spite of the effects of demographic, environmental and genetic stochasticity, and natural catastrophe.”

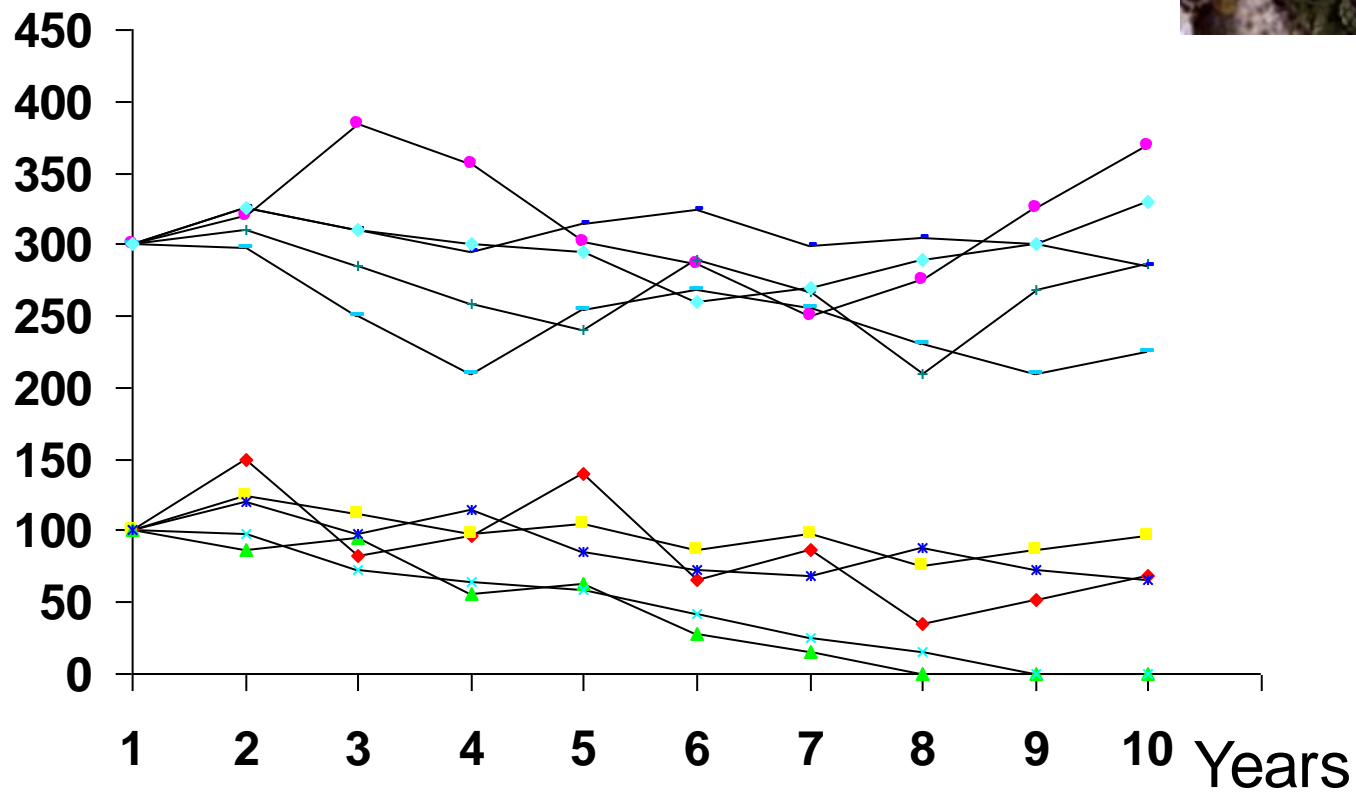
(Schaffer, 1981)

Población mínima viable

E. paularense



Population



Erodium Paularense como caso de estudio.



Prof. Jose M. Iriondo
Universidad Rey Juan Carlos



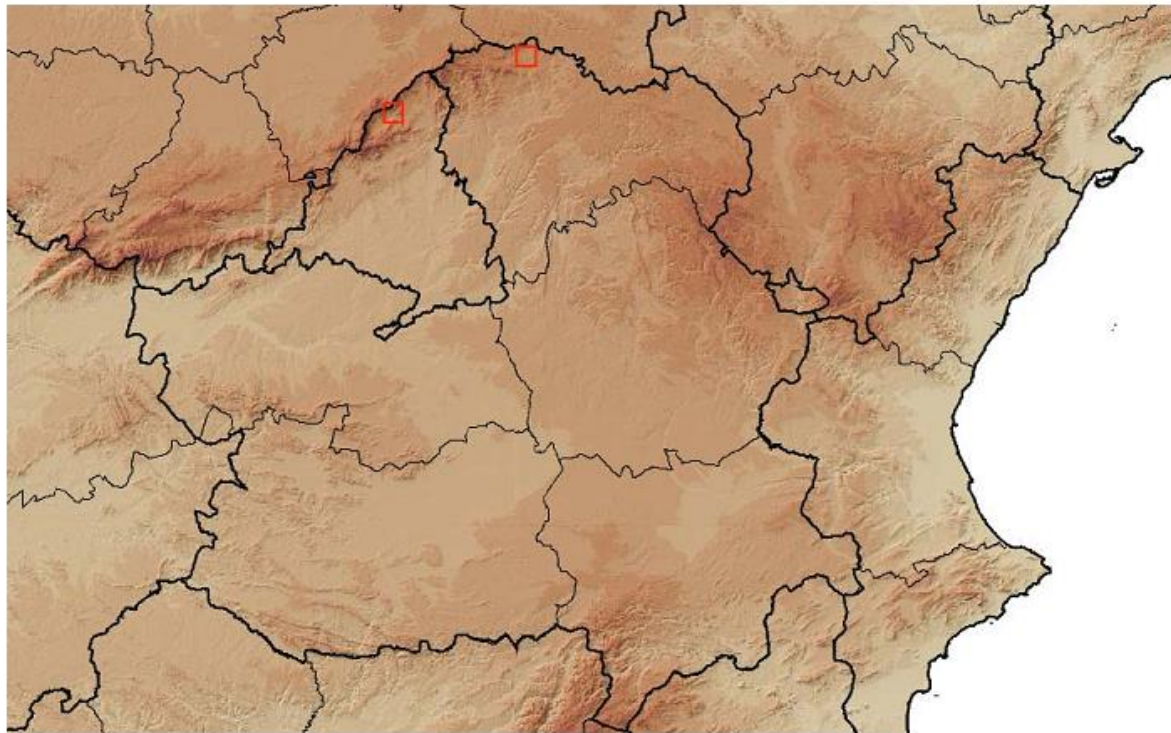
Erodium paularense
(*Geraniaceae*)

Taxón que habita en dos localidades separadas más de 200 kilómetros. Poblaciones con un bajo número de individuos y en ligero declive.

EN *B2ab(v)* AMENAZADA

Distribución

Endemismo del Sistema Central. En Madrid aparece en el Valle de Lozoya y en la provincia de Guadalajara se extiende entre la Sierra del Alto Rey y la Sierra del Bulejo.



Corología

UTM 1x1 visitadas:	18
UTM 1x1 confirmadas:	5
Poblaciones confirmadas:	5
Poblaciones nuevas:	0
Poblaciones extintas:	0
Poblaciones restituidas:	0
Poblaciones no confirmadas:	0
Poblaciones no visitadas:	0
Poblaciones descartadas:	0



POBLACIONES ESTUDIADAS

Se ha seleccionado una población de Madrid (Pinilla del Valle I) y otra población de Guadalajara (Cañamares I) cubriendo el abanico de tamaños poblacionales. La población de Madrid es la más pequeña del Valle de Lozoya (menos de 1500 individuos). Las poblaciones de Guadalajara cuentan con un número de efectivos mucho mayor, y de ellas se ha elegido la población de mayor tamaño (cerca de 155.000 individuos). En ambas localidades se ha realizado el seguimiento de plantas sobre litosuelo, marcándose inicialmente 283 individuos en Madrid y 293 individuos en Guadalajara.

Población	Individuos (año 2006)
Pinilla del Valle I (M)*	1.483
Pinilla del Valle II (M)	14.440
Cañamares I (Gu)*	154.408
Cañamares II (Gu)	39.492
Cañamares III (Gu)	828
Santed (Z)	700
Borobia (So)	-

* Poblaciones estudiadas

Estructura de clases

El tamaño de las plantas se ha estimado a partir del diámetro máximo de la roseta. Se ha contabilizado la producción total de frutos por planta al final del periodo reproductivo, y esta información se ha utilizado para estimar las tasas de fertilidad. Estudios de campo han confirmado que no existe un banco de semillas del suelo permanente y las plantas no presentan reproducción clonal. Se han obtenido cuatro clases de tamaño, una clase vegetativa (plántulas) y tres clases reproductivas.

Las poblaciones quedan estructuradas de la siguiente manera:

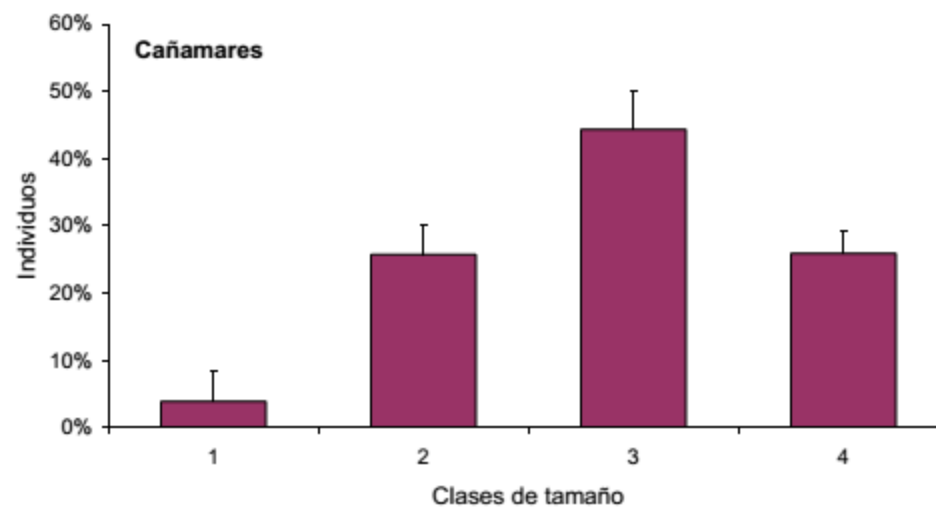
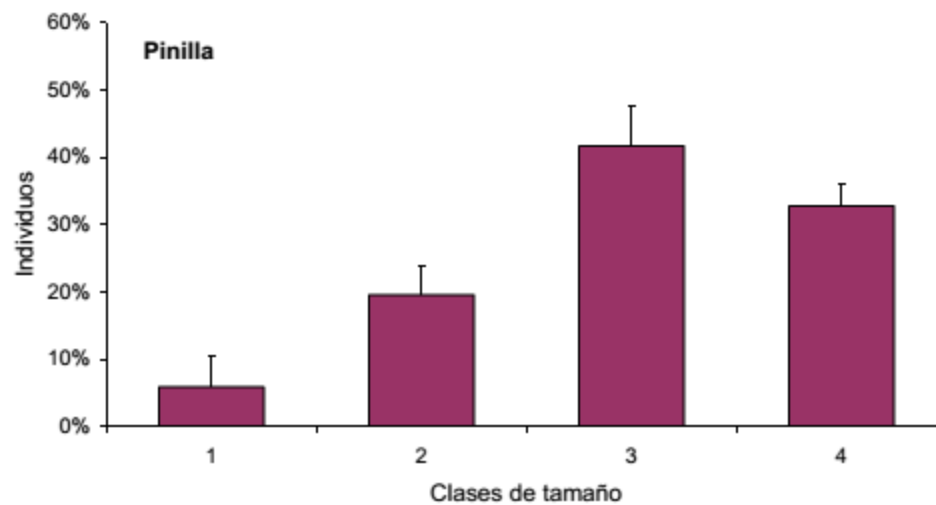
Clase 1: Plántulas (individuos vegetativos)

Clase 2: Adultas pequeñas (< 11 cm)

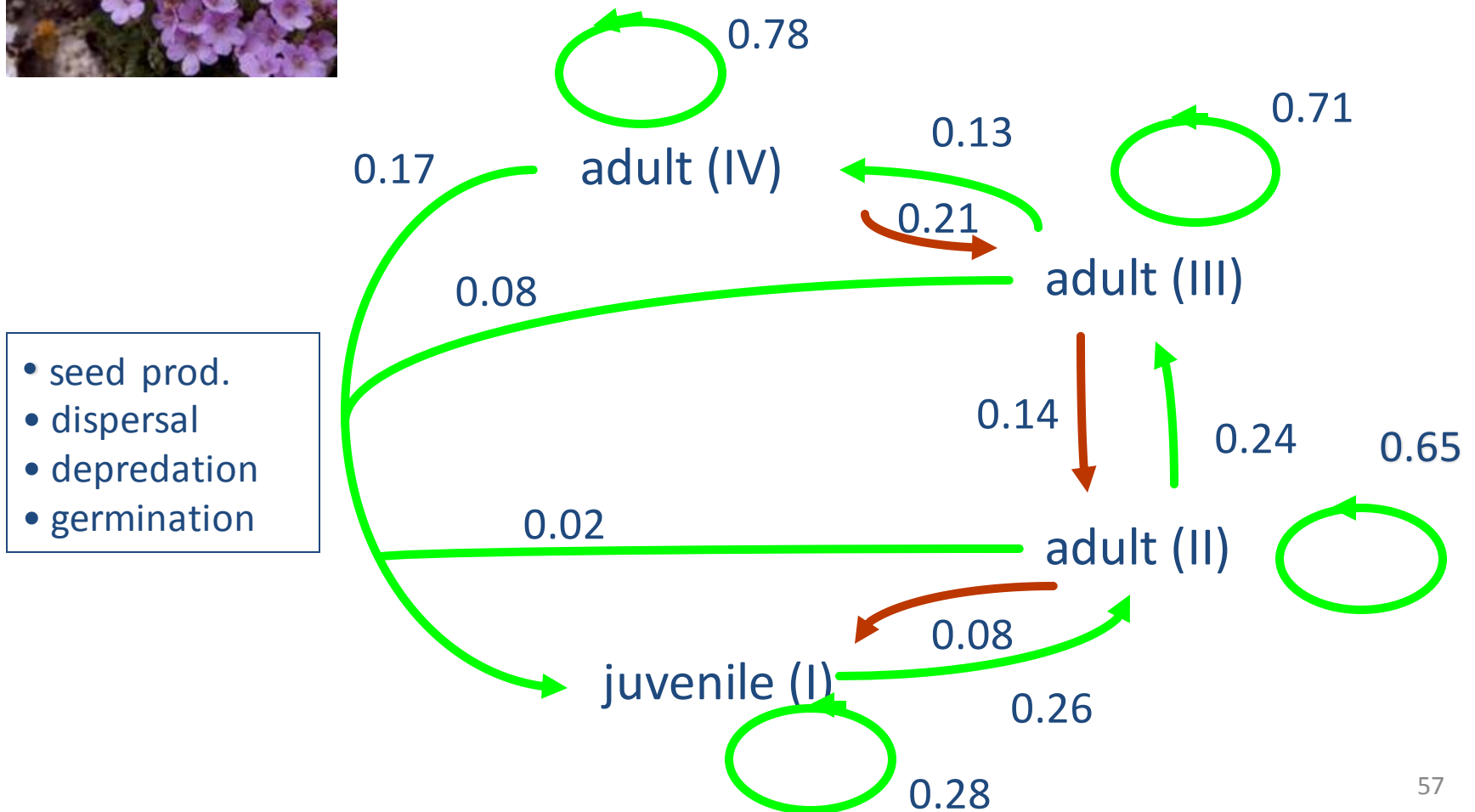
Clase 3: Adultas medianas (11-18 cm)

Clase 4: Adultas grandes (> 18 cm)

Estructura poblacional (media \pm desviación estándar)



Life cycle of *E. paularense*



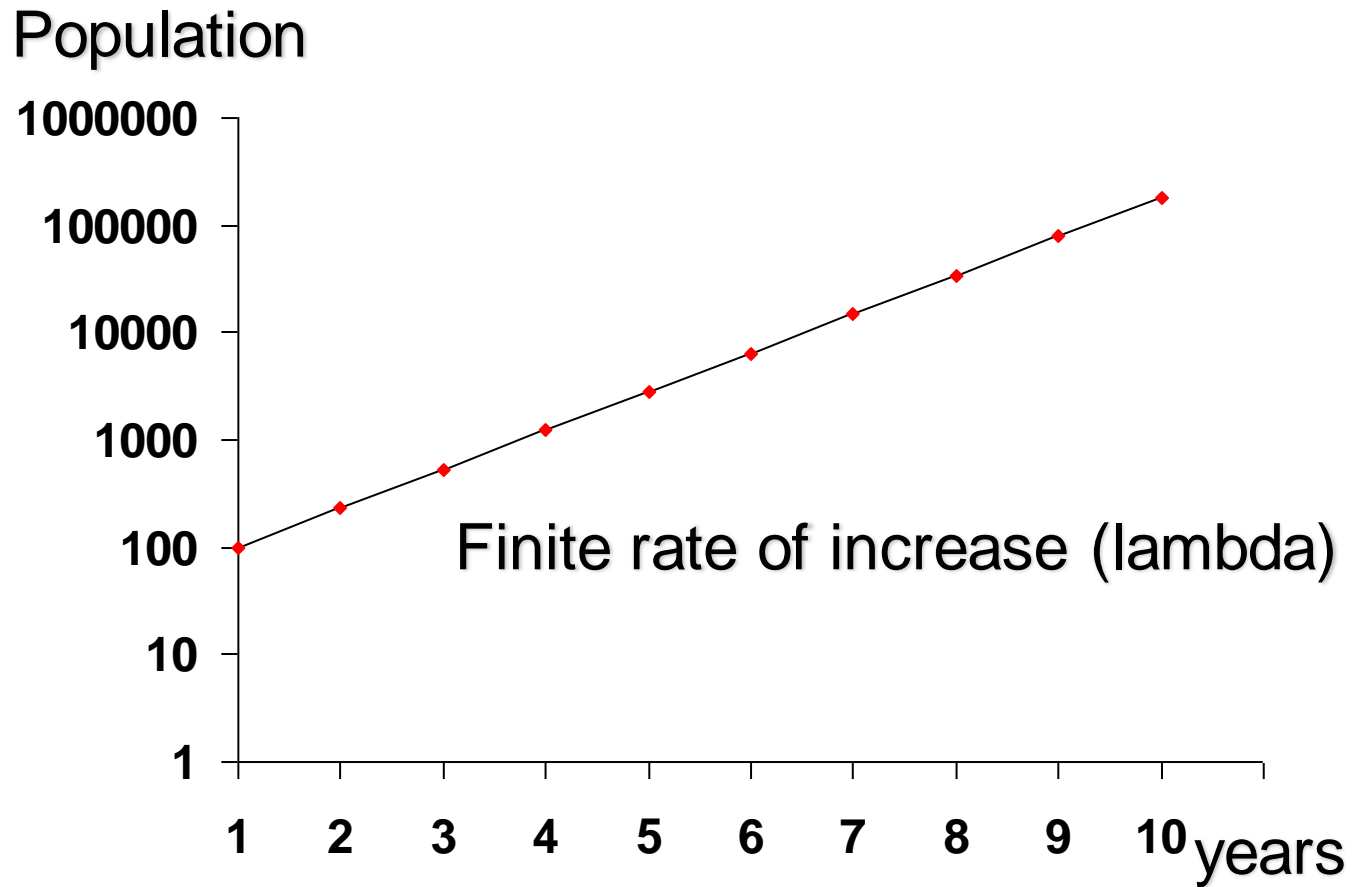
Life cycle of *E. paularense*



Transition matrix:

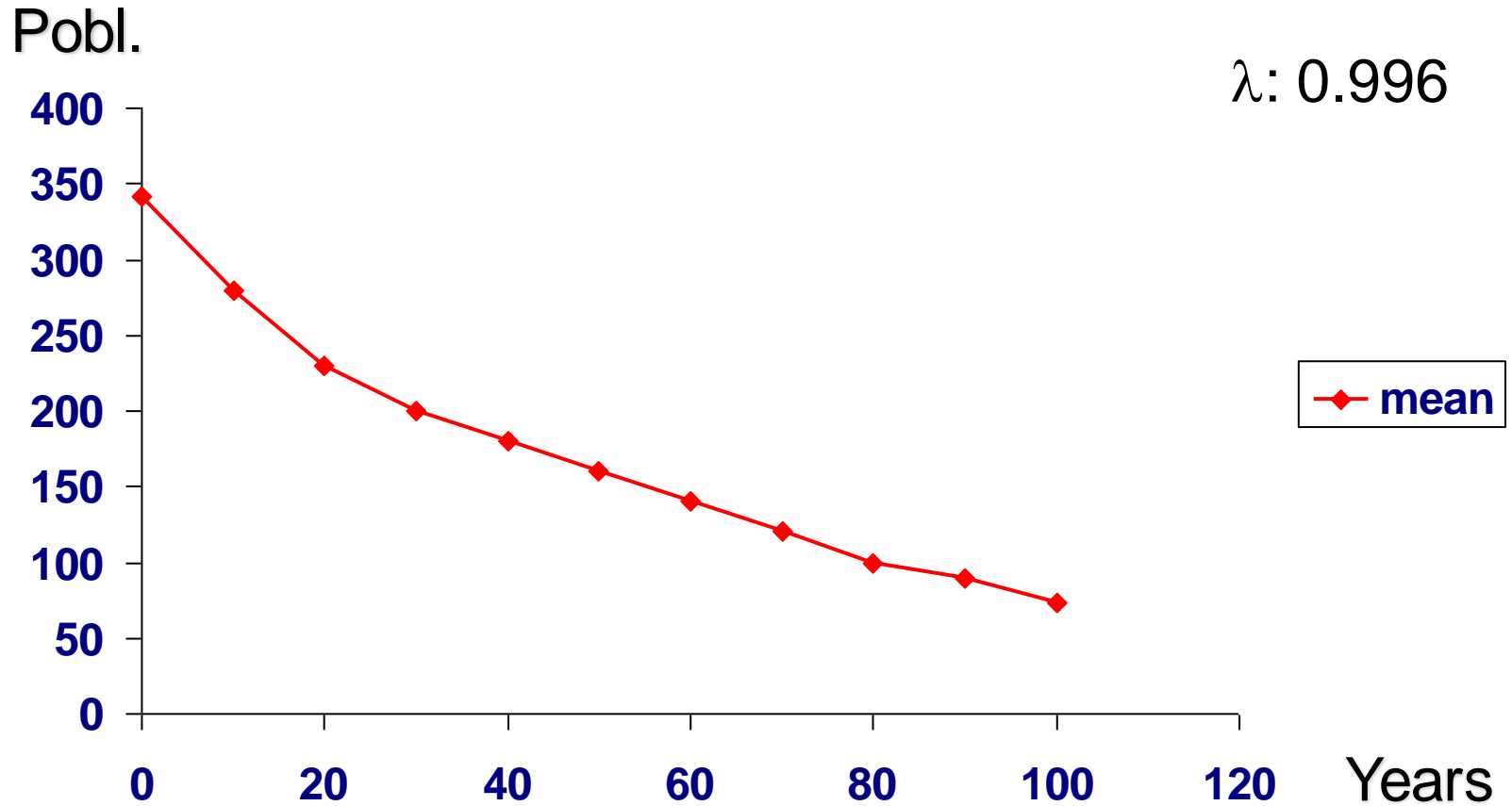
	<i>de:</i>				
	I	II	III	IV	
a:	I	0.28	0.10	0.08	0.17
	II	0.26	0.65	0.14	0.00
	III	0.00	0.24	0.71	0.21
	IV	0.00	0.00	0.13	0.78

Modelo determinista



Variaciones del modelo. Estocasticidad

Erodium paularense



Variaciones del modelo. Estocasticidad

Stochastic model

$0.00 \pm e_{11}$	$0.00 \pm e_{12}$	$0.00 \pm e_{13}$	$58.0 \pm e_{14}$
$0.42 \pm e_{21}$	$0.45 \pm e_{22}$	$0.10 \pm e_{23}$	$0.07 \pm e_{24}$
$0.01 \pm e_{31}$	$0.23 \pm e_{32}$	$0.26 \pm e_{33}$	$0.22 \pm e_{34}$
$0.00 \pm e_{41}$	$0.12 \pm e_{42}$	$0.58 \pm e_{43}$	$0.66 \pm e_{44}$

- demographic stochasticity
- environmental stochasticity

Variaciones del modelo. Estocasticidad

Erodium paularense

MATRICES DE TRANSICIÓN

Pinilla

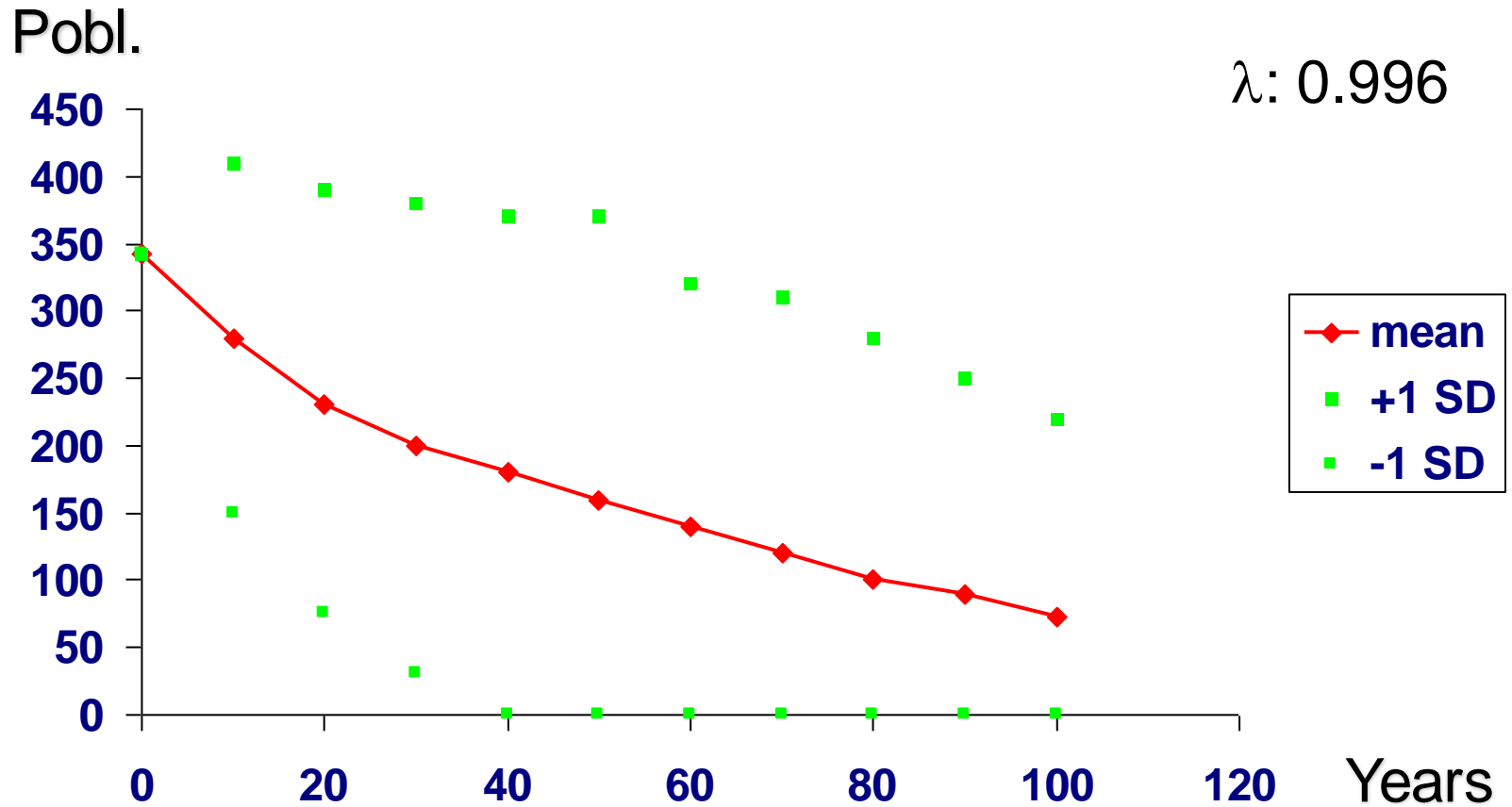
		Clase 1	Clase 2	Clase 3	Clase 4
2001-02	Clase 1	0,000	0,003	0,019	0,104
	Clase 2	0,641	0,589	0,079	0,011
	Clase 3	0,000	0,179	0,748	0,215
	Clase 4	0,000	0,000	0,126	0,763
2002-03	Clase 1	0,000	0,003	0,022	0,084
	Clase 2	0,424	0,542	0,104	0,000
	Clase 3	0,170	0,188	0,768	0,207
	Clase 4	0,000	0,000	0,096	0,782
2003-04	Clase 1	0,000	0,010	0,079	0,316
	Clase 2	0,727	0,591	0,080	0,000
	Clase 3	0,000	0,250	0,568	0,088
	Clase 4	0,000	0,023	0,288	0,888
2004-05	Clase 1	0,000	0,005	0,051	0,199
	Clase 2	0,176	0,750	0,146	0,000
	Clase 3	0,059	0,182	0,764	0,259
	Clase 4	0,000	0,000	0,079	0,731
2005-06	Clase 1	0,000	0,001	0,005	0,017
	Clase 2	0,310	0,750	0,189	0,000
	Clase 3	0,000	0,077	0,726	0,198
	Clase 4	0,000	0,019	0,047	0,791

Con información demográfica de varios años podemos estimar las tasas medias y su variabilidad (varianza y desviación estándar). Esta información nos permitirá incorporar estocasticidad en los modelos.

En este ejemplo se pueden observar 5 matrices de transición para una población de *Erodium Paularense* situada en el municipio de Pinilla (Madrid, España).

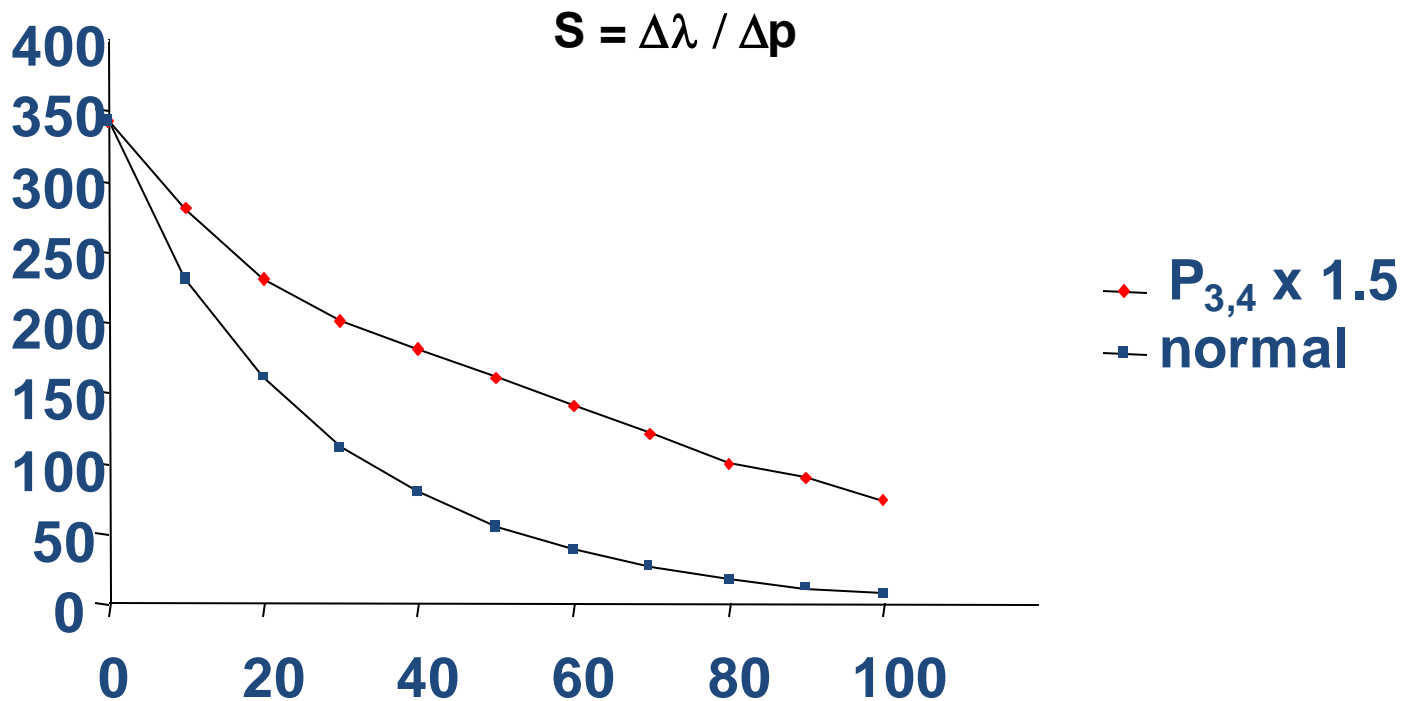
Variaciones del modelo. Estocasticidad

Erodium paularense

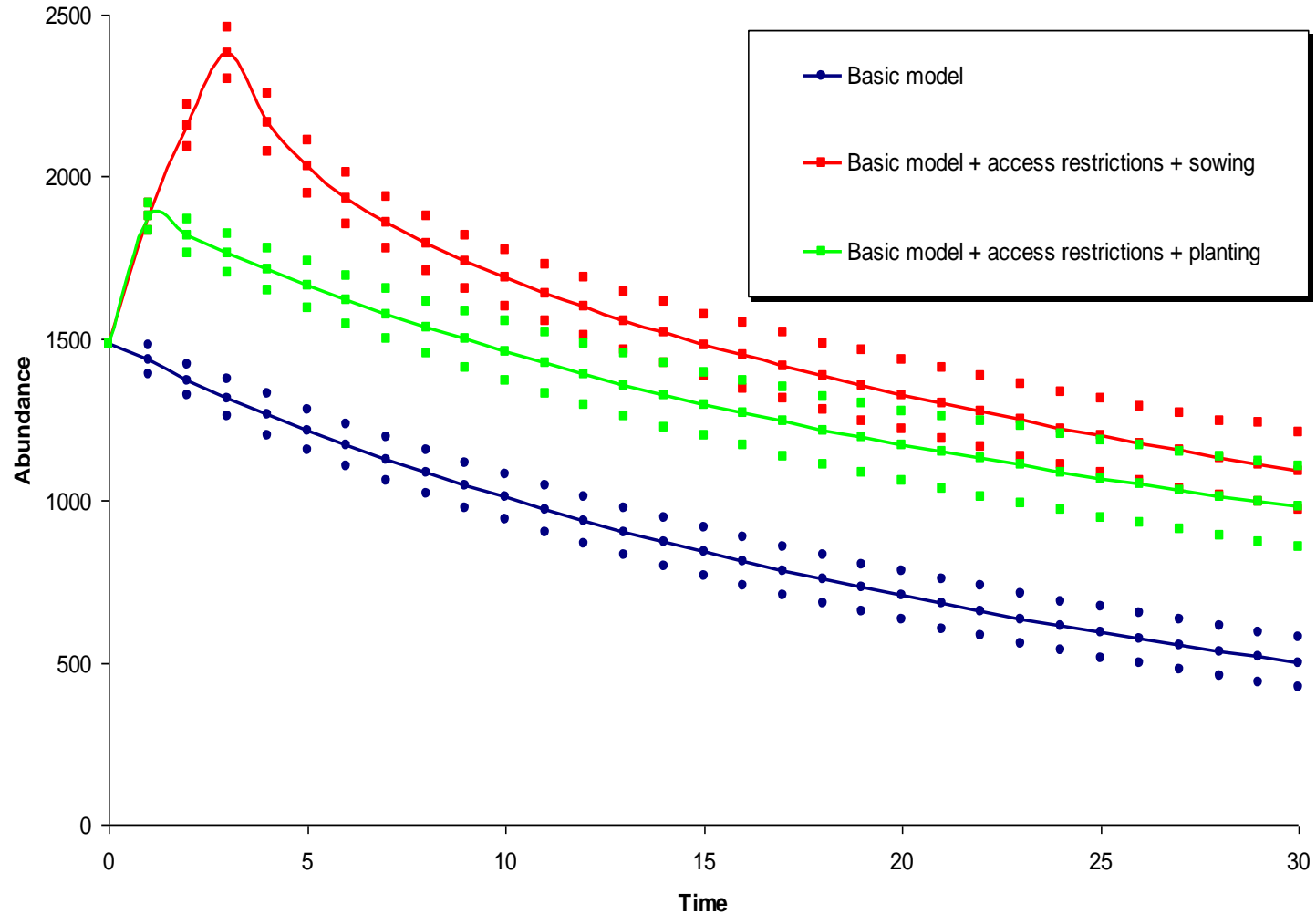


Análisis de sensibilidad

A través del análisis de sensibilidad se comprueba cómo la tasa de crecimiento “ λ ” de la población responde a pequeños cambios en cada uno de los parámetros del modelo.



Análisis de sensibilidad



Análisis de elasticidad

Análisis de elasticidad o sensibilidad proporcional cuantifica el cambio proporcional que se produce en λ cuando variamos una de las tasas de la matriz y el resto de las tasas permanecen constantes.

$$E = (\Delta\lambda/\lambda) / (\Delta p/p)$$

La elasticidad mide la **contribución relativa de cada elemento de la matriz** a la constitución de la tasa de **crecimiento poblacional**.

La suma de todos los elementos de la matriz de elasticidades es igual a 1, cada elasticidad puede ser expresada como un porcentaje de la elasticidad total del ciclo de vida.

Esta propiedad permite la comparación entre poblaciones sujetas a diferentes condiciones. Las elasticidades también pueden ser sumadas para evaluar la importancia relativa de un grupo de componentes del ciclo de vida.

Análisis de elasticidad

A partir de la matriz de elasticidades se deduce que el parámetro más importante para el crecimiento de la población es la supervivencia de los individuos reproductores, especialmente los más grandes, es decir los de las clases 3 y 4.

Elasticity matrix

		<i>from:</i>			
		I	II	III	IV
to:	I	0.012	0.008	0.009	0.012
	II	0.030	0.144	0.047	0.000
	III	0.000	0.069	0.306	0.054
	IV	0.000	0.000	0.067	0.241

Careful when
interpreting elasticity!

note: large perturbations in transitions with low elasticity can have as great or greater impact on λ than small perturbations in transitions with high elasticity

Análisis de elasticidad

Precautions:

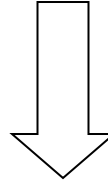
- Elasticity varies between populations and years. It is dangerous to base analyses on elasticities generated from a mean matrix.
- Changes in vital rates are not isolated. Environmental change usually implies change in several rates.
- Rates with low elasticity usually have high variability, while rates with high elasticity usually have low variability.

Práctica Rramas

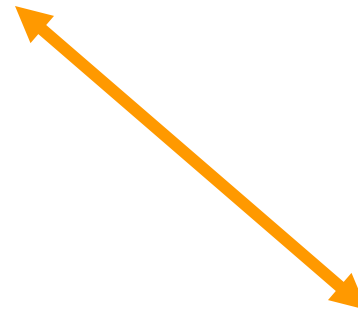
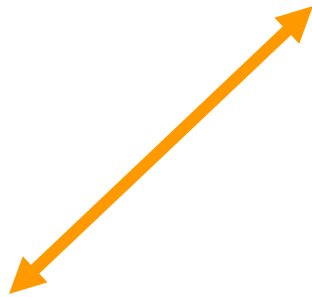


Danta centroamericana
Tapirus bairdii

Modelos demográficos



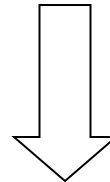
Simulación



Análisis de sensibilidad



Análisis de elasticidad



Elementos de diseño

Tasas vitales

Supervivencia:

Desarrollo:

Exito reproductivo:

f (constitución genética, estructura espacial,
condicionantes ambientales)

Estructura genética

- Operaciones de restitución están asociadas a bajos efectivos poblacionales:
 - Pérdida de diversidad genética
 - Menos individuos, menos diversidad genética
 - Por deriva genética
 - Por endogamia

Estructura genética

- La reducción de la diversidad genética puede ocasionar una reducción en la fitness de los individuos de la población.
- **Tamaño efectivo de una población (N_e):** el número de individuos que proporcionaría valores semejantes de pérdida de heterocigosidad, endogamia o varianza en las frecuencias alélicas si los individuos se comportaran como una población “ideal”.
- Por término medio $N_e/N = 0,10$

Estructura genética

- Factores que afectan a N_e :
 - Proporción de sexos desigual
 - 1 macho y 100 hembras: $N_e = 4$
 - $N_e = 4N_{ef} * N_{em} / (N_{ef} + N_{em})$
 - Variación en el tamaño de las familias
 - Fluctuaciones en el tamaño de la población
 - Parecido al N_e del año con tamaño inferior
 - $N_e = t / \sum(1/N_{ei})$

Measuring genetic diversity and structure

- Percentage of polymorphic loci (P_p):
 - $P_p = R_p/R$
 - R : n° loci analyzed
- Mean number of alleles per polymorphic locus (A_p):
 - $A_p = r/R_p$
 - r : sum of alleles in polymorphic loci
 - R_p : n° polymorphic loci

Measuring genetic diversity and structure

Estimar estructura genética para 2 subpoblaciones.

Heterocigosidad observada

H_i = proporción observada de loci heterocigóticos por individuo.

Heterocigosidad esperada

H_s = proporción esperada de loci heterocigóticos por individuo en una población con cruzamientos al azar.

$$\bar{H}_i = \frac{H_{i1} + H_{i2}}{2}$$

$$\bar{H}_s = \frac{H_{s1} + H_{s2}}{2}$$

$$H_T = 2\bar{p}\bar{q} \quad \bar{p} = \frac{p_1 + p_2}{2}$$

$$F_{IS} = \frac{\bar{H}_s - \bar{H}_i}{\bar{H}_s} = 1 - \frac{\bar{H}_i}{\bar{H}_s}$$

$$F_{ST} = \frac{H_T - \bar{H}_s}{H_T} = 1 - \frac{\bar{H}_s}{H_T}$$

$$F_{IT} = \frac{H_T - \bar{H}_i}{H_T} = 1 - \frac{\bar{H}_i}{H_T}$$

F statistics (Wright): F_{IS} , F_{ST}

El **coeficiente de endogamia** F_{IS} mide la reducción en la heterocigosidad de un individuo debido a la existencia de cruzamientos no al azar dentro de su subpoblación.

$$F_{IS} = \frac{\bar{H}_s - \bar{H}_I}{\bar{H}_s} = 1 - \frac{\bar{H}_I}{\bar{H}_s}$$

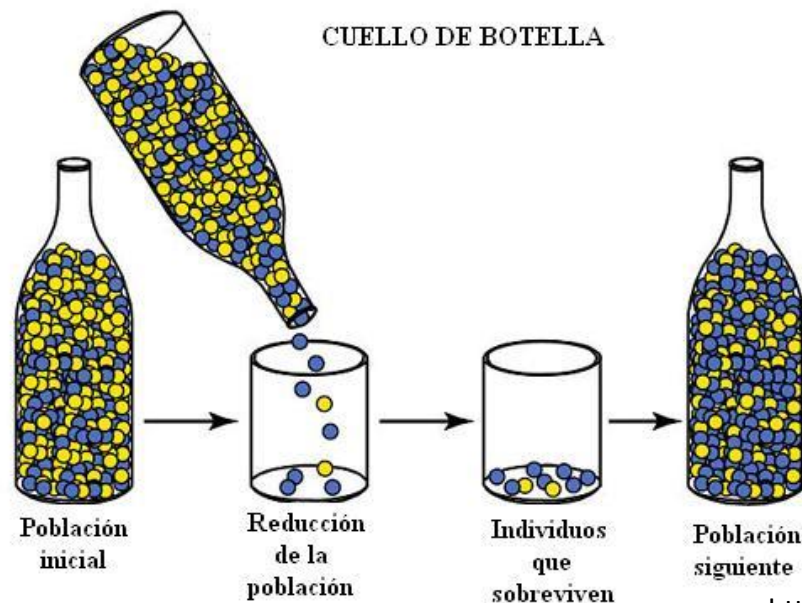
El efecto de la subdivisión de la población se mide por un parámetro denominado "**índice de fijación**" (**simbolizado por F_{ST}**), que es la reducción promedio en la heterocigosidad de una subpoblación debido a la deriva genética por azar. Si todas las subpoblaciones están en equilibrio Hardy-Weinberg con las mismas frecuencias alélicas, entonces $F_{ST}=0$.

$$F_{ST} = \frac{H_T - \bar{H}_s}{H_T} = 1 - \frac{\bar{H}_s}{H_T}$$

Algunas definiciones importantes

La **deriva genética o deriva génica** (traducción del término genetic drift) es una **fuerza evolutiva** que actúa junto con la selección natural **cambiando las frecuencias alélicas** de las especies en el tiempo. Es un **efecto estocástico** que es consecuencia del muestreo aleatorio en la reproducción y de la pérdida de unos alelos por azar y no por selección natural.

Se trata de un **cambio aleatorio en la frecuencia de alelos de una generación a otra**. Normalmente se da una pérdida de los alelos menos frecuentes y una fijación (frecuencia próxima al 100%) de los más frecuentes, resultando una **disminución en la diversidad genética de la población**.



Algunas definiciones importantes

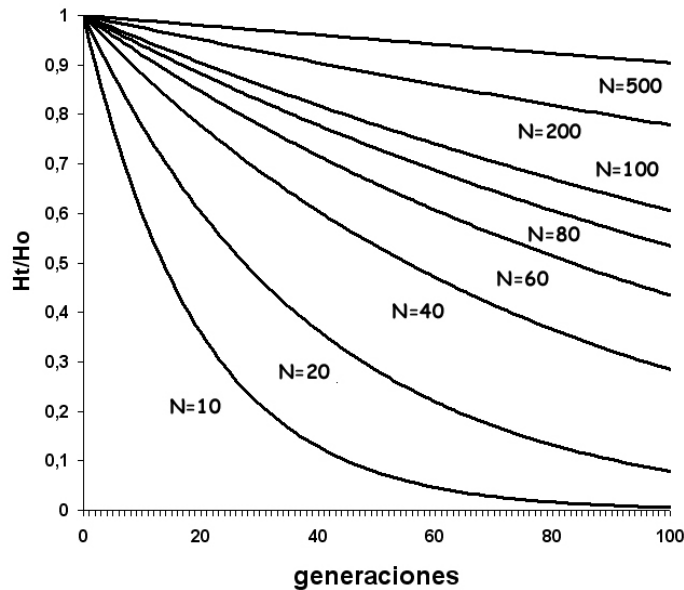
Endogamia (F).

Cruzamiento entre individuos emparentados mayor del esperado: pérdida de heterocigosidad (H).

El resultado de la endogamia es un aumento de la homocigosis, lo que puede incrementar las posibilidades de que la descendencia sea afectada por rasgos recesivos o deterioros genéticos. En general, esto conduce a una disminución de aptitud de la población, que se llama depresión endogámica.

Algunas definiciones importantes

A



B

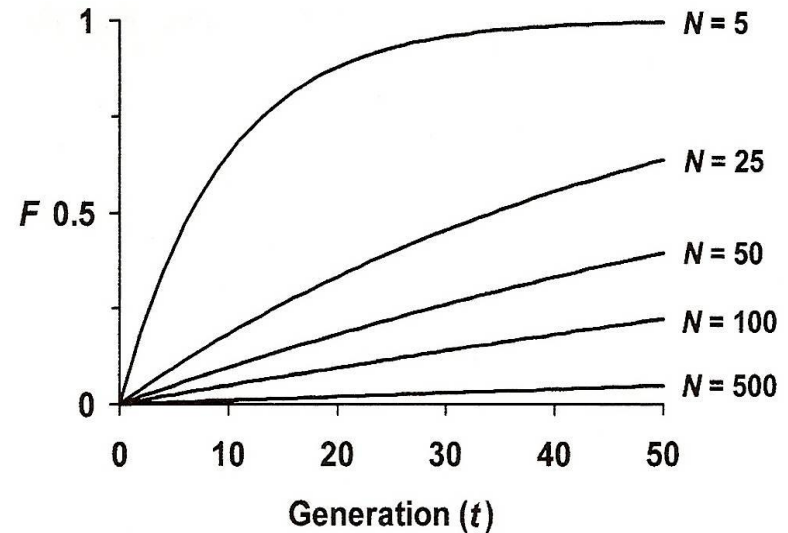


Fig. Descenso medio de la heterocigosidad en poblaciones de diferentes tamaños (N) como consecuencia del proceso de deriva genética y/o endogamia. El eje de ordenadas muestra: (a) la proporción de la frecuencia inicial de heterocigotos que conserva la población, (b) la evolución del coeficiente de endogamia.

¿Cuál sería la Población Mínima Viable?

Genetic diversity and risk of extinction

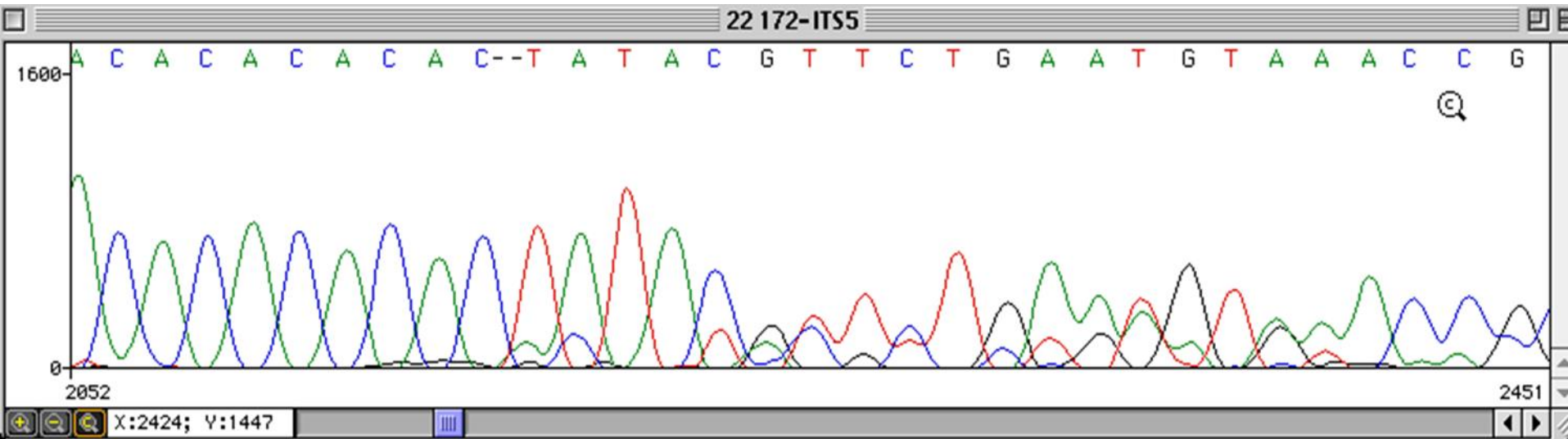
- Low genetic diversity irremissibly leads to extinction
- Genetic diversity is an essential component in:
 - avoiding the appearance of inbreeding depression in the short term
 - providing adaptive flexibility to environmental changes in the long term

Población mínima viable

- Población mínima viable (perspectiva genética)
- Numeros “mágicos”:
 - $N_e > 50$; $N > 500$ para evitar depresión endogámica
 - Franklin (1980), Soulé (1980)
 - $N_e > 500-5000$; $N > 5000-50.000$ para mantener el potencial evolutivo
 - Franklin (1980), Lande & Barrowclough (1987)
 - Bases experimentales:
 - Mejoradores animales (Franklin, 1980; Soulé, 1980)
 - Mamíferos en cautividad (Ralls et al., 1988)
 - Moscas del vinagre (Latter et al., 1995)

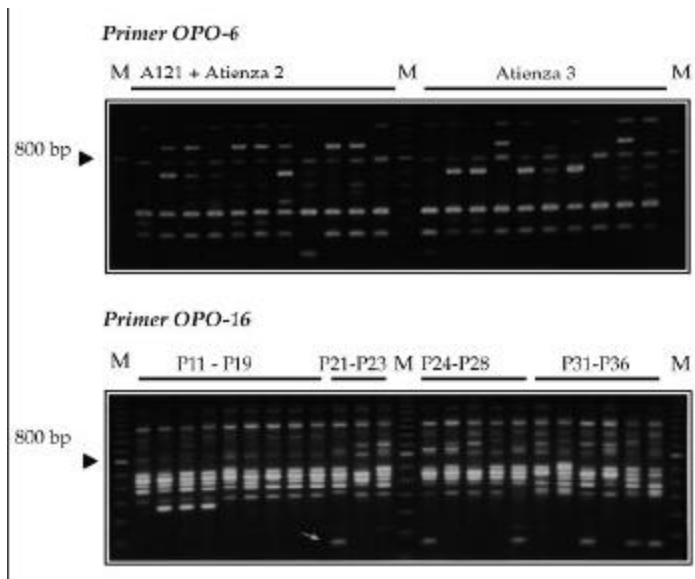
Marcadores moleculares

- Isoenzimas
- RAPDs
- ISSRs
- AFLPs
- SSRs



Estructura genética

- Diversidad genética:
 - genes de importancia adaptativa.
 - genes “neutrales” o incluso secuencias no codificantes (isoenzimas, RAPDs, RFLPs, AFLPs, microsatélites).



Estructura genética

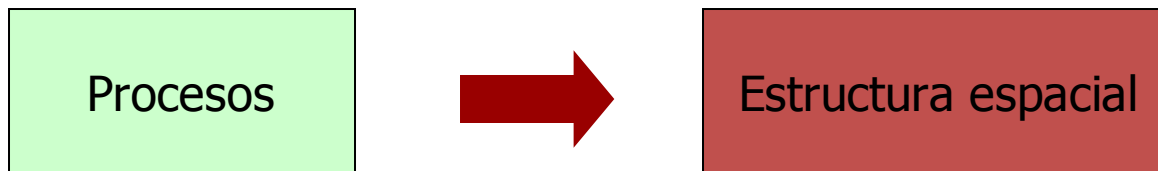
- ¿Qué tipo de diversidad genética estamos midiendo?
 - Isoenzimas, RAPDs, AFLPs, ISSRs, SSRs: marcadores neutrales
 - No es diversidad genética asociada a genes con valor adaptativo. La correlación puede ser baja (Storfer, 1996; Bekessy et al., 2003)
 - Precaución a la hora de obtener conclusiones
 - Alternativa en las técnicas NGS

Estructura genética

- El sistema de cruzamiento afecta a la estructura genética de las poblaciones:
 - **Plantas autóгамas** (autofecundación): individuos **homocigotos**.
 - **Plantas alógamas** (fecundación cruzada): individuos **heterocigotos**.
- ¿Qué tipo de plantas es más sensible desde un punto de vista genético a las intervenciones de restitución?

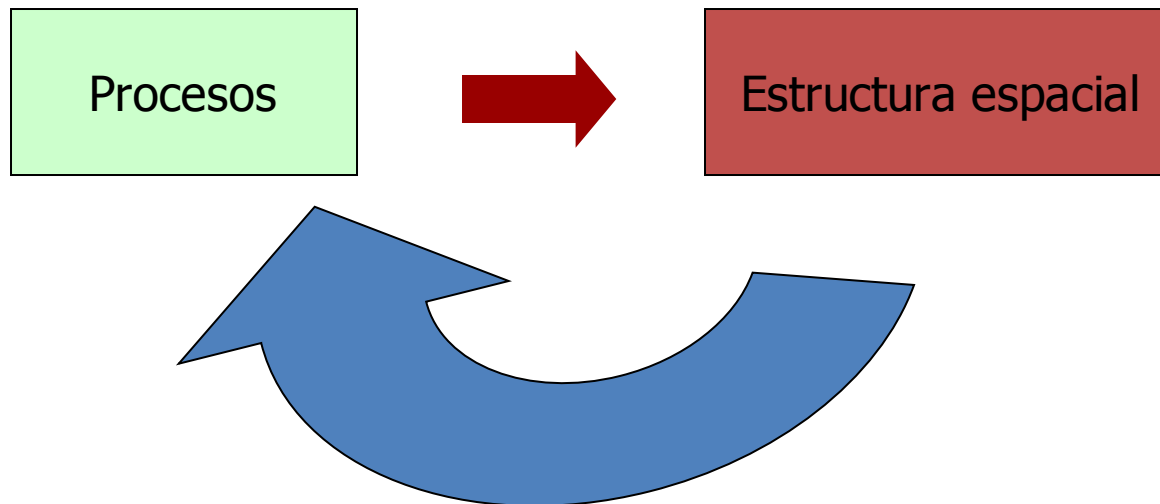
Estructura espacial

- La disposición espacial de las plantas en una población es el resultado de una combinación de procesos pasados y presentes que operan a diferentes escalas



Estructura espacial

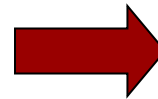
- El estudio de la estructura espacial permite generar hipótesis sobre los procesos que operan en la población (Dale, 1999)



Estructura espacial

- Procesos:

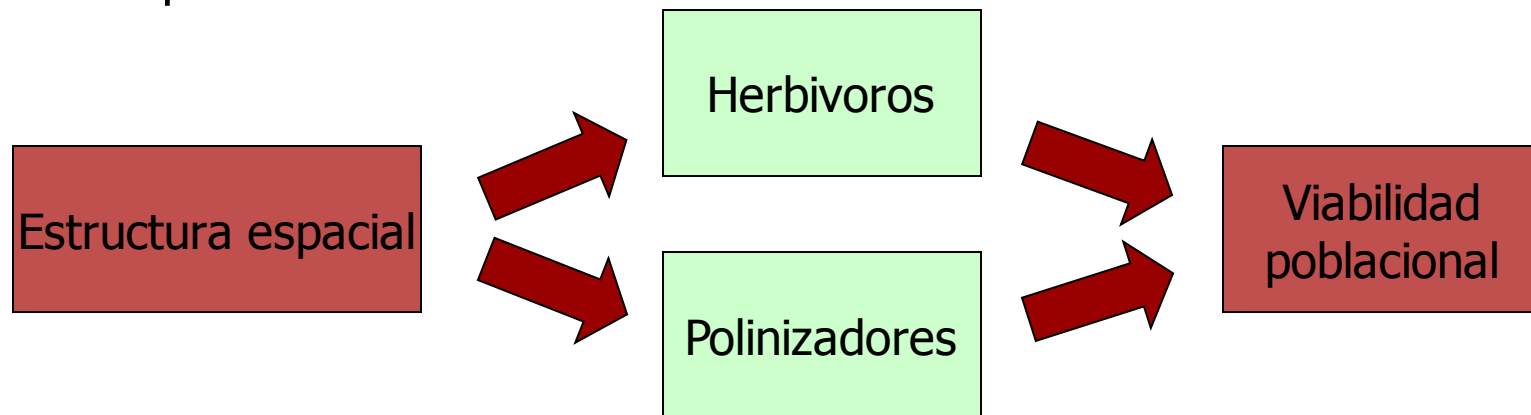
- Tamaño y patrón de crecimiento
- Dispersión
- Factores ambientales
- Interacciones de competencia y facilitación



Estructura espacial

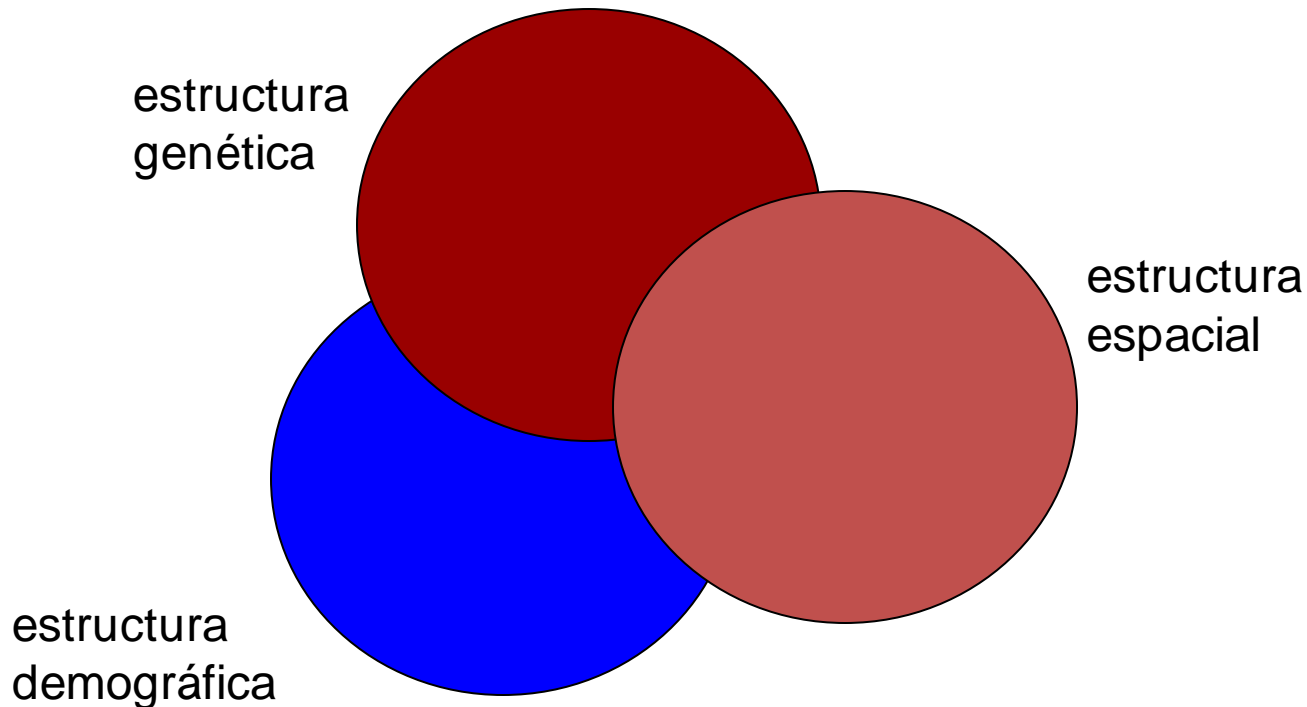
Estructura espacial

- La disposición espacial de las plantas en una población afecta a los patrones de incidencia de herbívoros (Bach, 1988) y polinizadores (Sowig, 1989), que a su vez condicionan la viabilidad de la población.



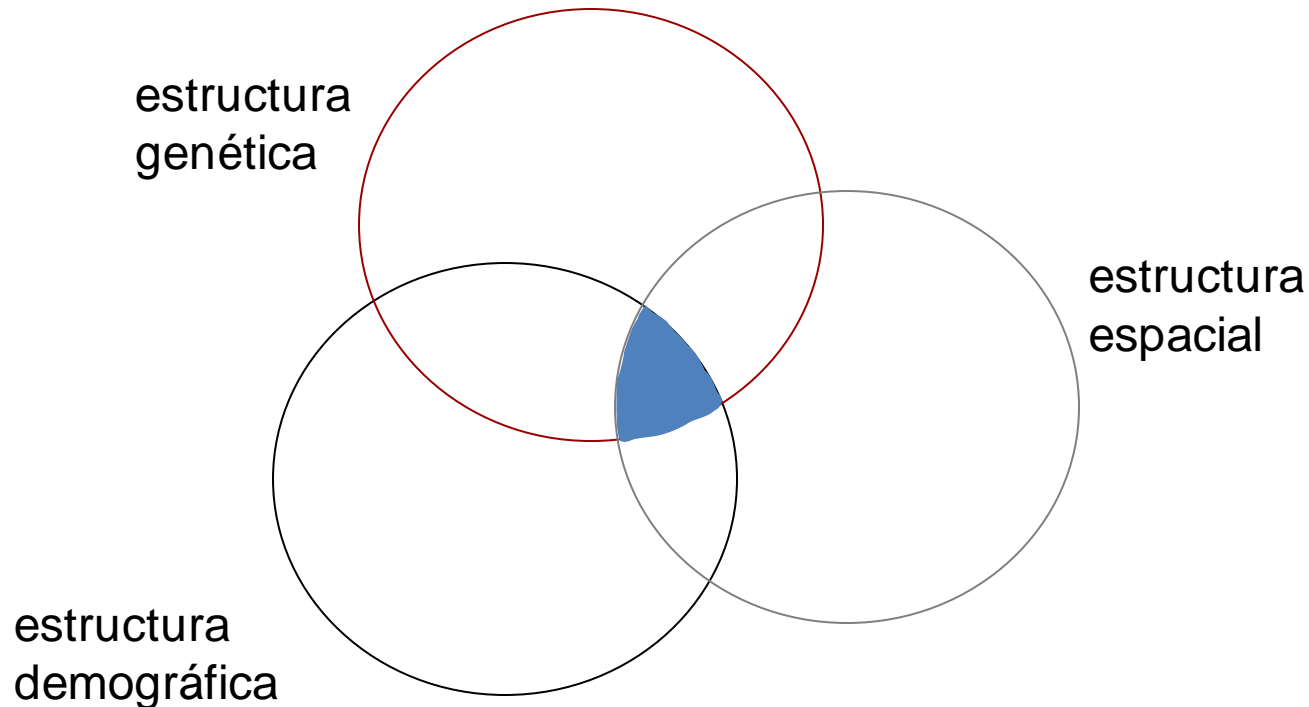
Estructura espacial

- Complementa otros estudios básicos



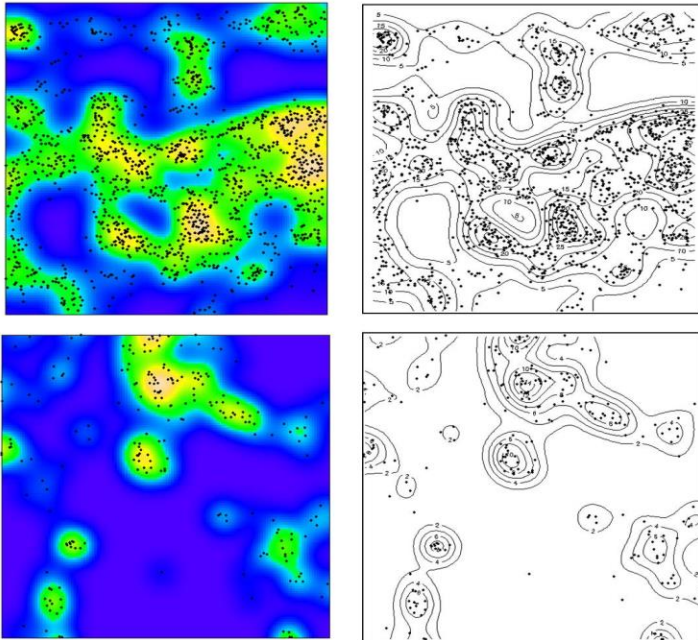
Estructura espacial

- Sinergia con otros estudios básicos

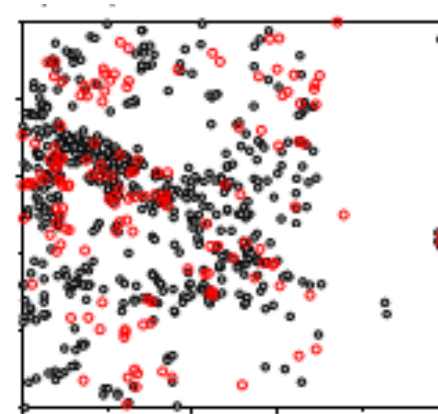


Sinergia entre estructuras

- **Micro-environmental heterogeneity**

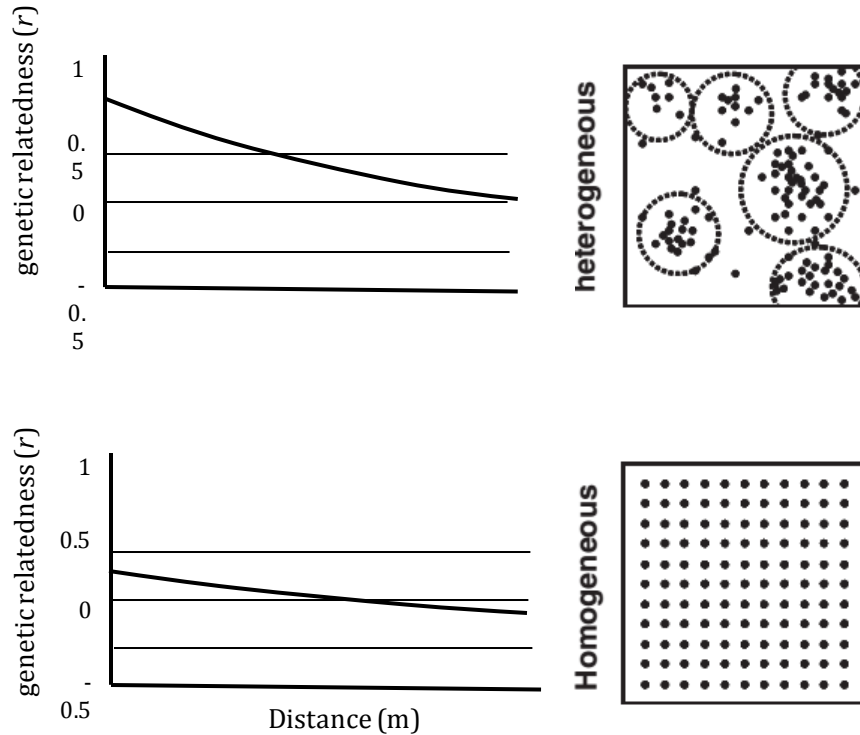


Plant-plant aggregation is due to seed dispersal limitation and the heterogeneous distribution of suitable habitat rather than the presence of positive plant-plant interactions



Sinergia entre estructuras

- **Micro-environmental heterogeneity**

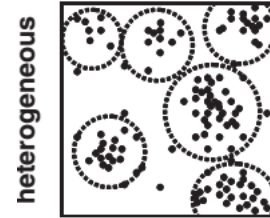
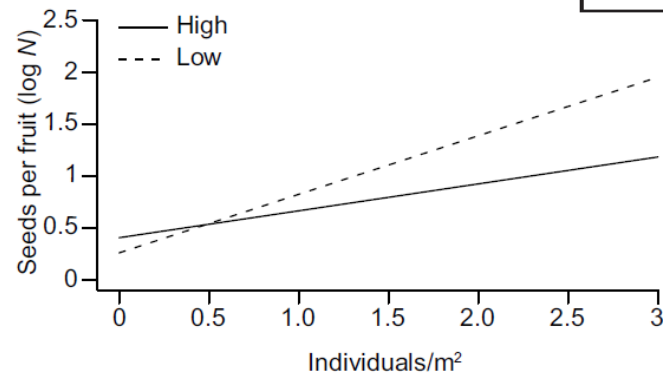
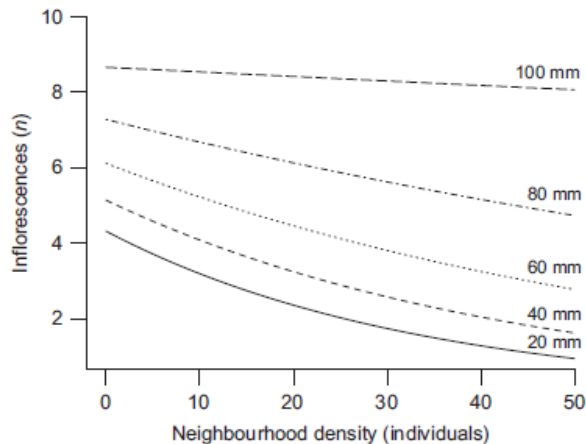


Plant-plant aggregation is due to seed dispersal limitation and the heterogeneous distribution of suitable habitat rather than the presence of positive plant-plant interactions

Differences in population spatial aggregation and microhabitat generate intraspecific variation in FSGS

Sinergia entre estructuras

- Intraspecific interactions



Lack of a simple and direct relationship between the spatial structure of plant populations and the sign of plant–plant interactions.

This highlights the importance of complementing plant position with quantitative fitness attributes in spatial pattern analysis in plant ecology.

Factores ambientales



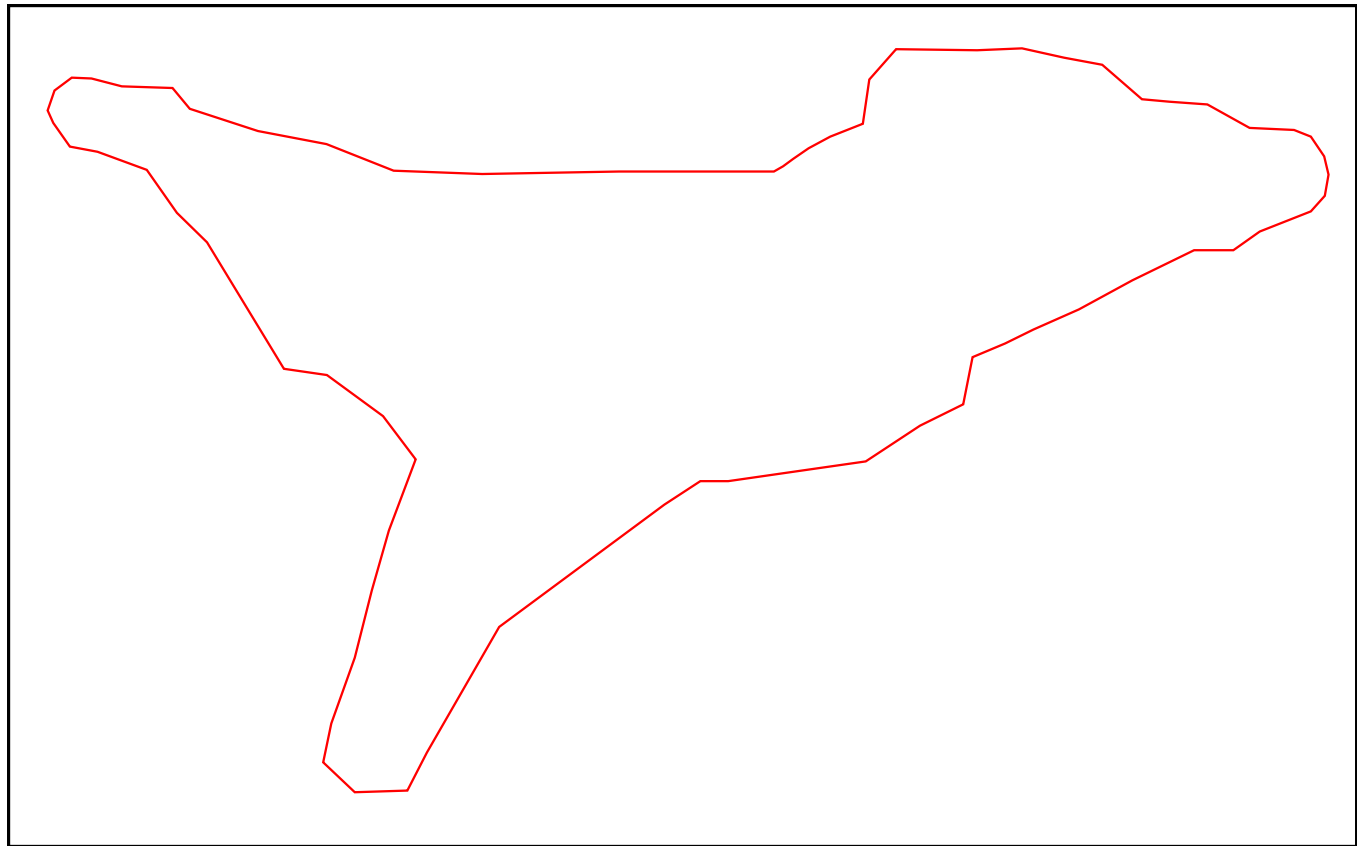
Factores ambientales

Modelos de adecuabilidad del hábitat

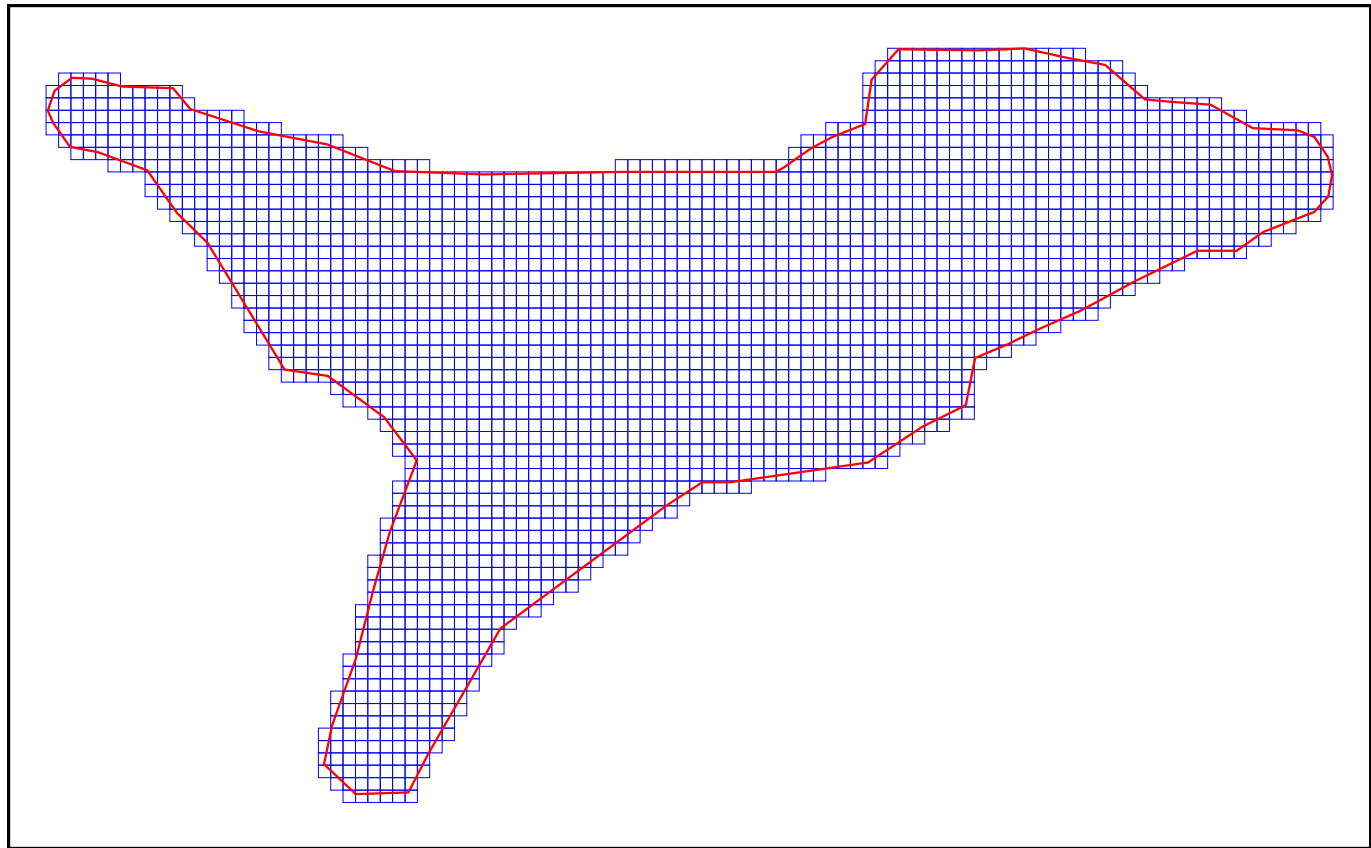
- *Erodium paularense*
 - crece sobre roca y suelos poco profundos
 - competencia intra e interespecífica
 - predación de semillas por hormigas (*Messor capitatus*)



Factores ambientales



Factores ambientales

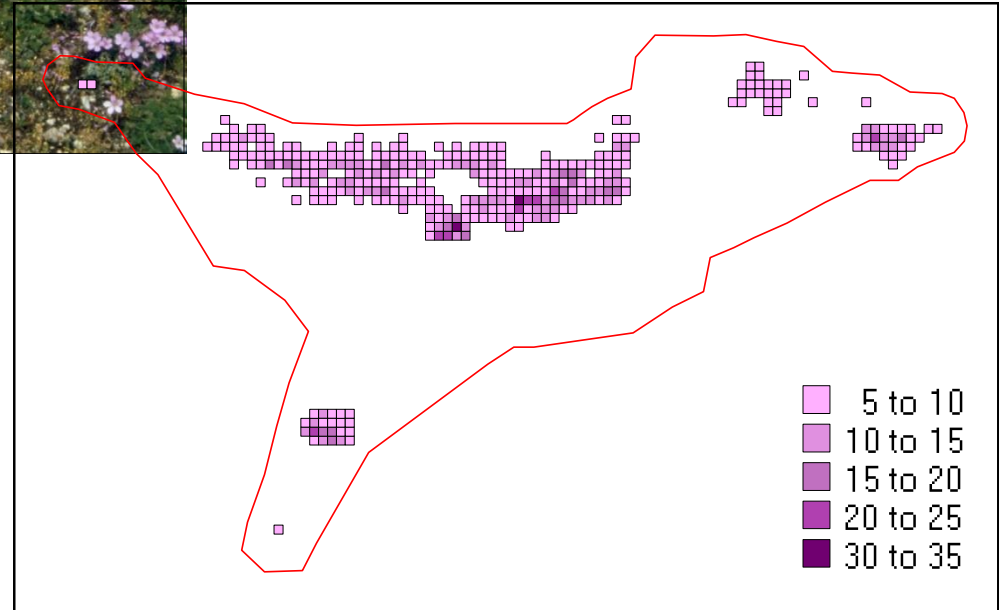


Factores ambientales



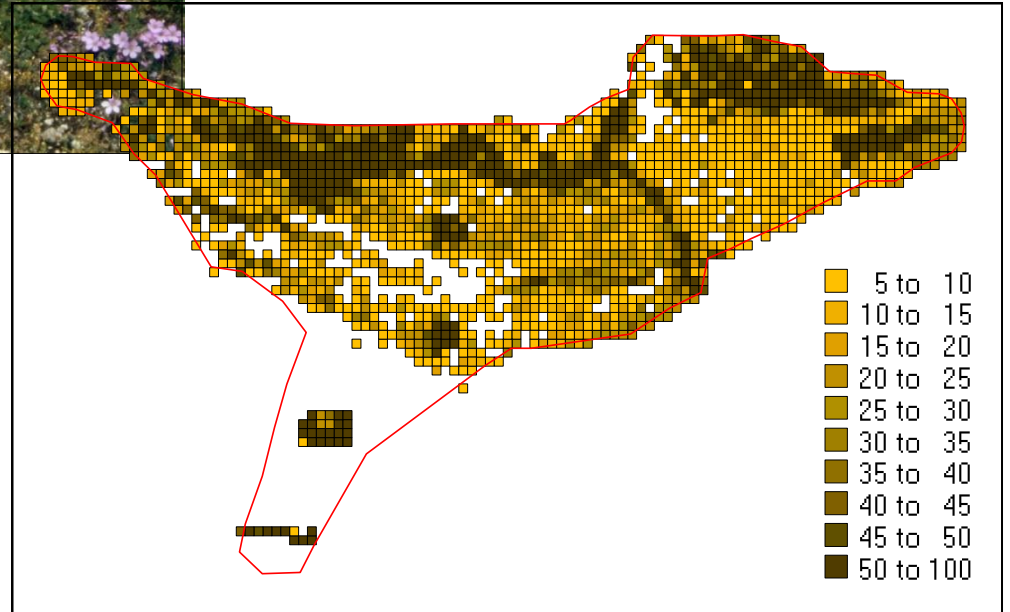
Factores ambientales

✓ Cobertura *E. paularense* (%)



Factores ambientales

✓ Cobertura roca (%)
[%cvrock]



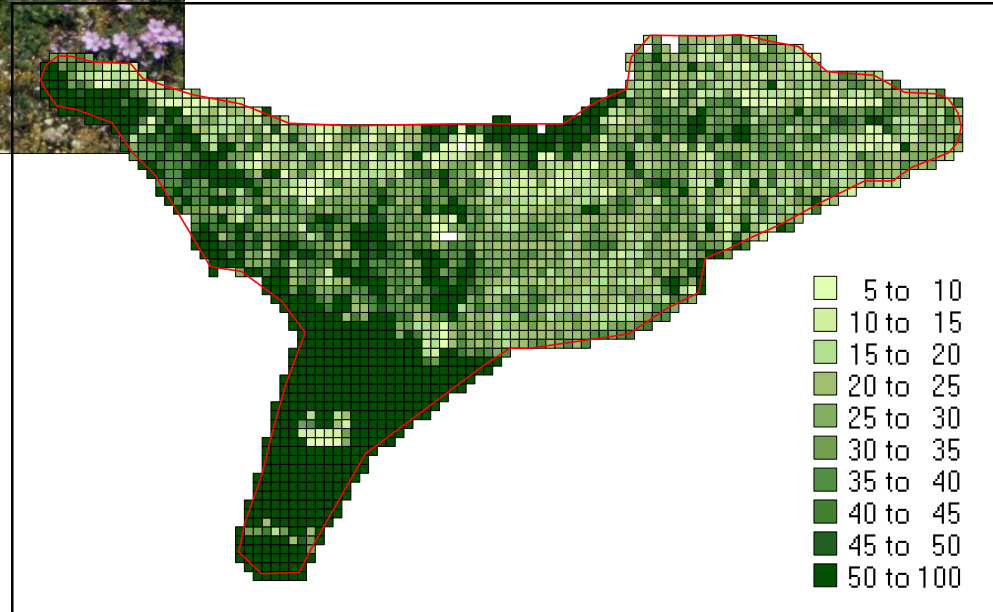
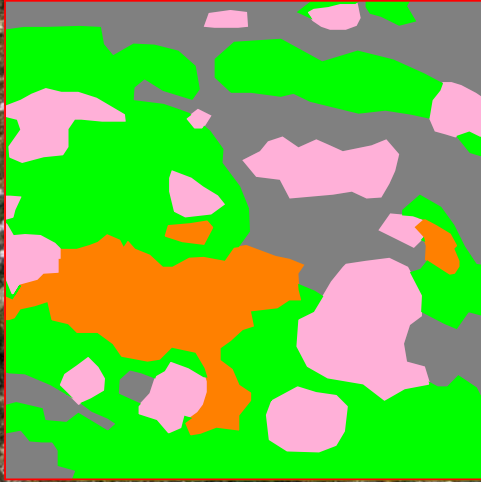
Factores ambientales

✓ Cobertura suelo desnudo



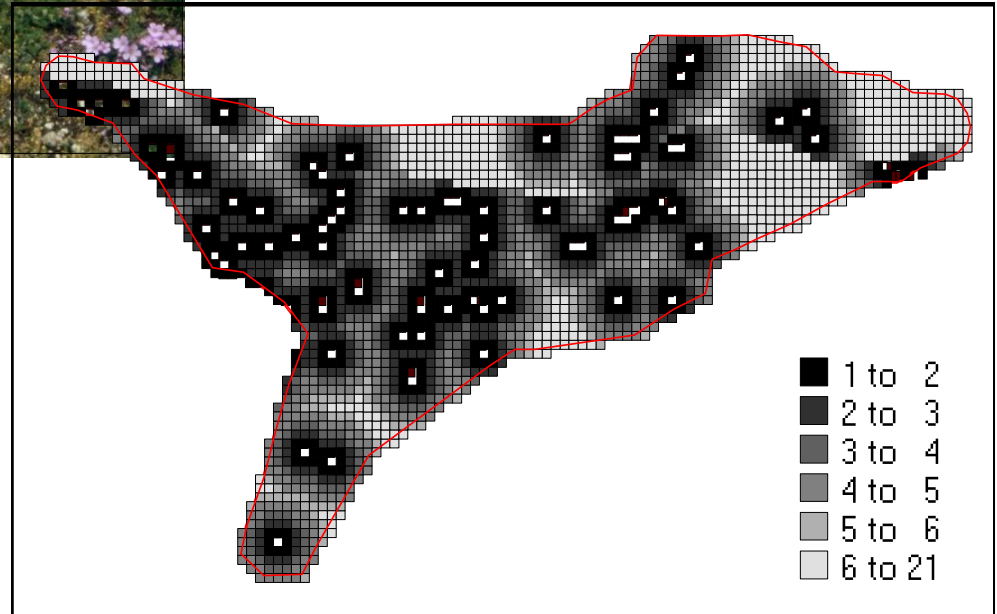
Factores ambientales

✓ Cobertura otras especies (%)
[%cvpern]



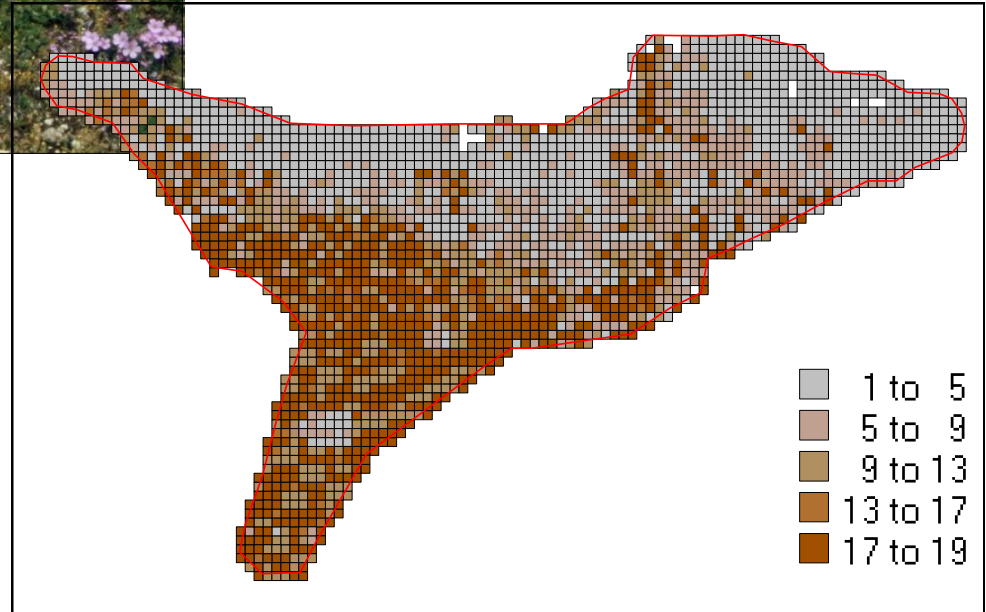
Factores ambientales

- ✓ No. de hormigueros
- ✓ Distancia a hormigueros (m)
[tran_ant]



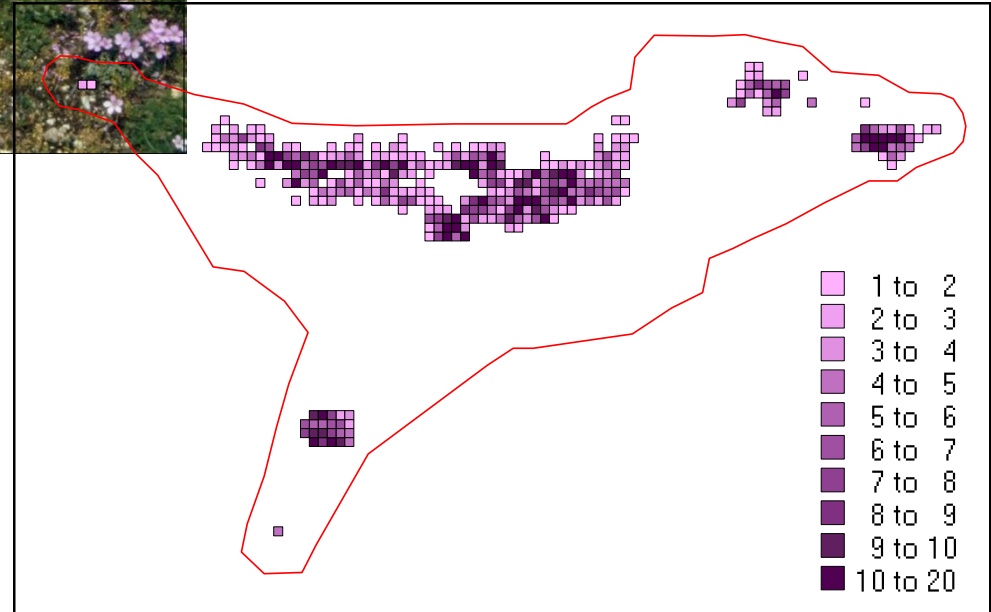
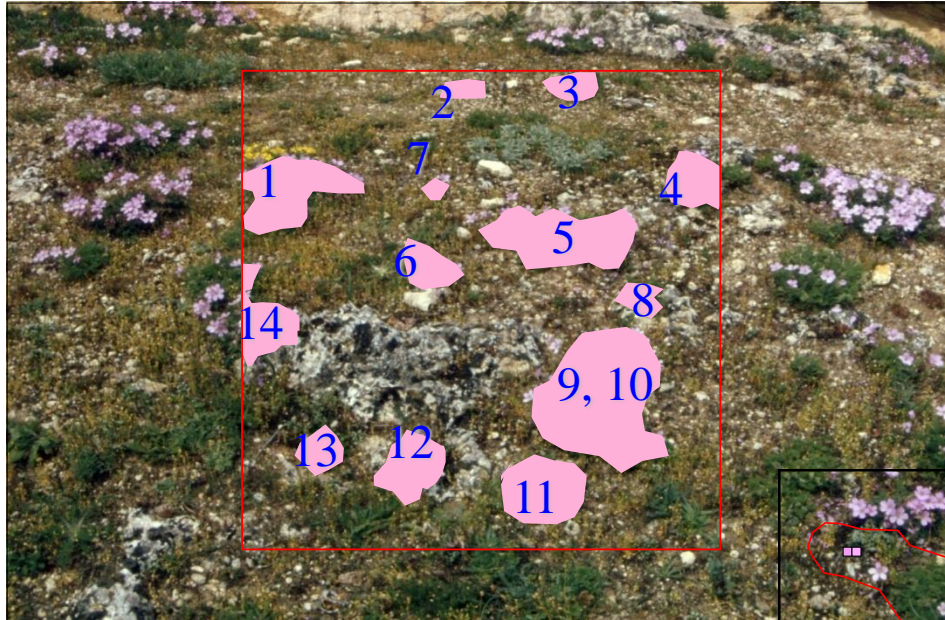
Factores ambientales

✓ Profundidad del suelo (cm)
[soil_dep]



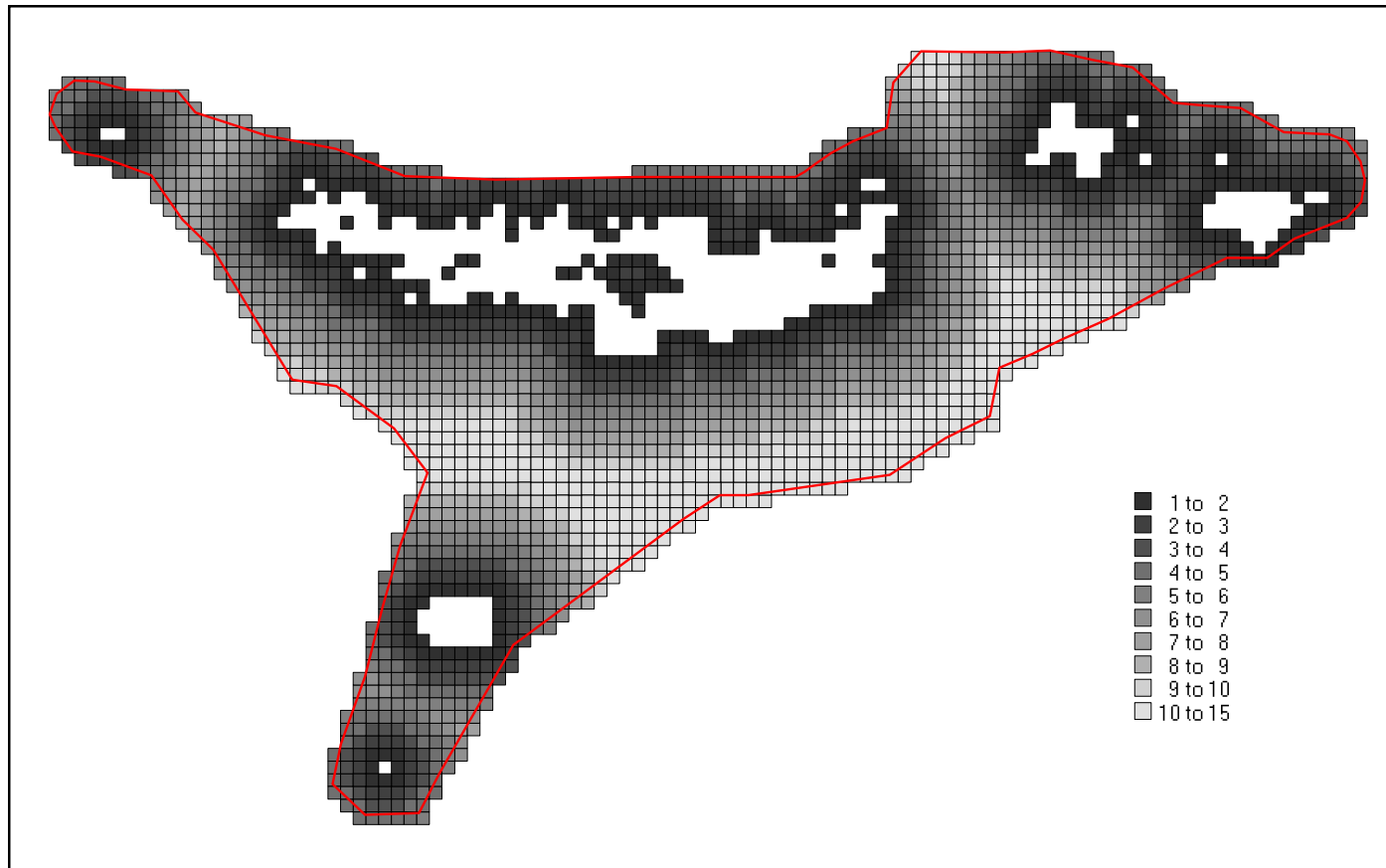
Factores ambientales

✓Nº de plantas de *E. paularense*

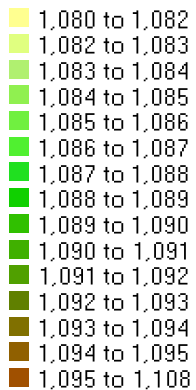
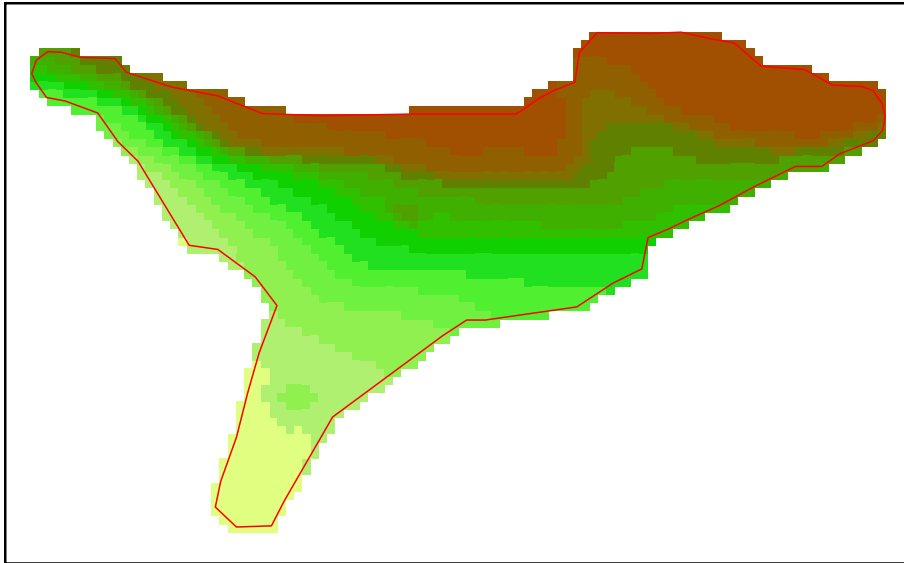


Factores ambientales

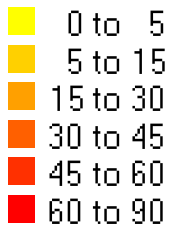
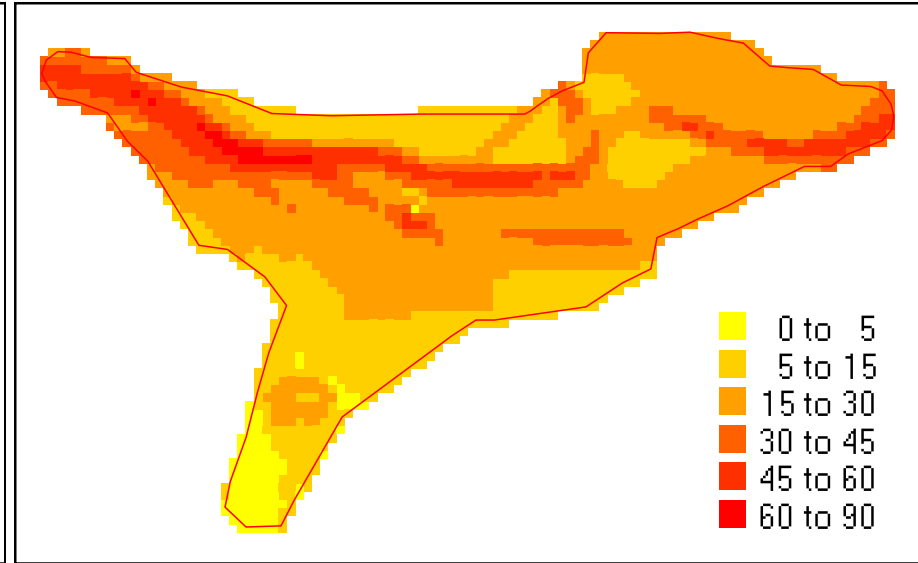
✓ Distancia de *E. paularense* (m)
[erod_dis]



Factores ambientales



✓ Altimetría (m)
[tran_alt]

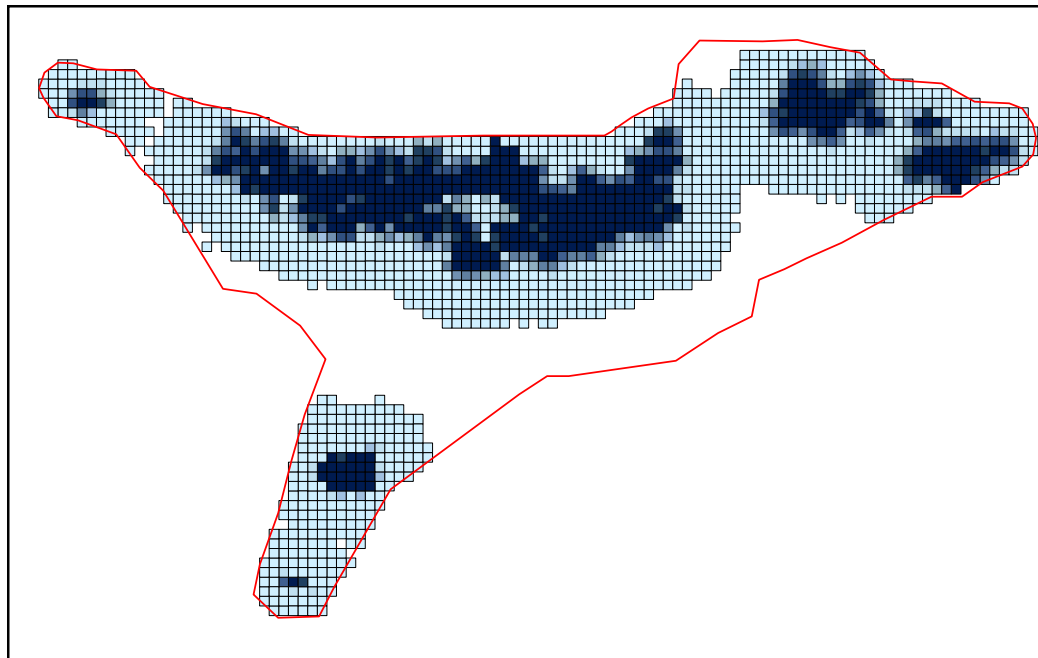


✓ Pendiente (°)
[slope]

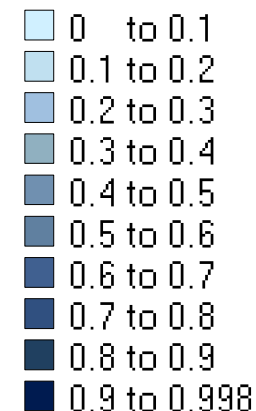
Factores ambientales

$$y = 2.7271 - 0.0170 * [\%cvpern] + 0.0177 * [\%cvrock] - 0.1251 * [soil_dep] - 2.4453 * [erod_dis] - 0.6022 * [tran_ant] + 0.0298 * [tran_alt] - 0.0117 * [slope]$$

$$p = (\exp(y) / (\exp(y) + 1))$$



regresión logística



Diseño de programas de restitución

2. Comprender la especie

Dr. Carlos Lara Romero